

**SINVAL PEIXOTO ORRICO DA SILVA NETO**

**ACLI MATI Z A Ç Ã O DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE  
PROTEGIDO SOB DOIS TIPOS DE MALHA DE SOMBREAMENTO**

RECIFE

Pernambuco

2012

**ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE  
PROTEGIDO SOB DOIS TIPOS DE MALHA DE SOMBREAMENTO**

**SINVAL PEIXOTO ORRICO DA SILVA NETO**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **LUZIA FERREIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RECIFE

Pernambuco

2012

**ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE  
PROTEGIDO SOB DOIS TIPOS DE MALHA DE SOMBREAMENTO**

**SINVAL PEIXOTO ORRICO DA SILVA NETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

APROVADA: de março de 2012.

---

Dr<sup>a</sup>. Andréa Cristina Baltar Barros

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Guiselini

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luzia Ferreira da Silva

---

Prof. Dr. Héilton Pandorfi

(Orientador)

*"Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser...mas graças a Deus , somos muito mais do que éramos"*

*(Martin Luther King)*

*“Ô meu pai... É luuuuta...”*

*(Sinval Peixoto Orrico)*

A Deus

A minha mãe, Márcia Maria Orrico da Silva

A minha esposa, Fabiana Marques

Aos meus irmãos, Paula e Paulo

Aos Meus Avós

José Orrico Filho *In memorian*

Irene de Souza e Silva Orrico *In memorian*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me protegeu, me iluminou, me deu forças nos momentos mais difíceis durante esse percurso e agradeço ainda pelo dom da vida e a oportunidade diária de aprendizado e evolução.

À minha família, por todo apoio, carinho, amor e confiança em mim depositados, especialmente a Márcia Orrico (minha mãe), Paula Izabella (irmã) e meu maior amigo e irmão Paulo Osório (Engº Agrônomo), pois são eles o alicerce da minha vida, a razão disto tudo e, a eles ofereço a minha vitória. Foram eles que me legaram sólida formação, que me proporcionaram a continuidade nos estudos até a chegada a este mestrado, meus eternos agradecimentos.

A minha esposa Fabiana Marques pela compreensão, apoio, carinho e incentivo a mim concedidos, tanto nos momentos bons, como também nos momentos difíceis de minha vida. Sempre “lutou” junto ao meu lado e nunca deixou que ao menos eu pensasse em desistir dos meus objetivos. Amo-te muito!

Ao meu primo e grande amigo (segundo irmão), Antônio Sérgio por todo o apoio, acolhimento, companheirismo, pelas lições de profissionalismo e por todo aprendizado a mim transmitido.

Aos meus tios, tias, primos e primas, que sempre me apoiaram e me deram força para vencer na vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo acolhimento em toda minha trajetória desde a graduação a realização do mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de realizar este curso de mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Héilton Pandorfi (O chefe), pela orientação e ensinamentos que foram responsáveis pelo meu crescimento pessoal e científico. Agradeço de coração ao chefe pela amizade verdadeira e principalmente pela confiança no meu trabalho, me deu forças quando mais precisei e fez por mim o que poucos fariam se estivesse em seu lugar. Só me resta dizer: Chefe muito obrigado!

À professora Dra. Cristiane Guiselini, pela paciência, ajuda, amizade, incentivo e principalmente pelos ensinamentos e conselhos a mim transmitidos nessa jornada. Também apostou suas fichas no meu trabalho e foi como uma mãe durante todo período do mestrado, muito obrigado Cris!!

A minha coorientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luzia Ferreira da Silva, pelo apoio e incentivo.

À Fundação e Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos para a realização do curso de mestrado.

Ao Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), pela parceria e pela cessão das mudas de cana-de-açúcar viabilizando a implantação do experimento.

Aos funcionários do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), pela amizade, apoio e incentivo para realização deste trabalho, em especial: Andréa Baltar, Barbosa, Deivid e Odemar.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos, críticas e sugestões.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Adriana Guedes, Adriana Figueiredo, Marcela, Thaís, Wal, Bianca, Júlio Nascimento, Robertson, Hugo, Ricardo, Sonyvagno, Samuel, Marcelo Possas, Taciana, Daniel, José Carvalho (Zezito Piauí), Francismar, Moacir, Marcílio, Vinícios, Gian, Aluízio, Marcos Félix, Renato, Mara, Rochele, Raquele, Janice, Jéssyka, Uilka, Alexandre, Adriano, Luiz Antônio (Lula), Joel, Matheus, Igor, Nicolás (Valderrama), Celestino (Tino), Nadielan, Círrero, Patrícia, Caetano, Rafael Lima, pelo convívio, apoio, amizade sincera e pelos momentos de descontração durante a realização do curso.

Aos meus amigos, Anderson Roque, Álvaro Raison, Kennedy Nascimento, Kim Leonardo, Milton Jr. e Paulo de Tarso que sempre me deram total apoio nas horas mais difíceis, me dando coragem e incentivo.

Gostaria de agradecer especialmente aos meus amigos, Gledson Pontes, Irenilson Machado e Wellington Pereira por todo apoio, incentivo, amizade, paciência e por todos os momentos que passamos tanto os bons quanto os de aperseio. Em fim agradeço de coração a essa rapaziada altamente “ESCOVADA”.

Aos amigos da Usina São José S/A: Alecsandro estagiário, Alecschandro Charllhys, Anderson Soldado, Antônio Lima, Elipse Hélder, Flávia, Flávio César, Genaldo, Jardson Américo, João Bosco, Joktam, Jonathan (Genaldinho), Jorgeana Muliterno, Joseph Martiniano, Laerte, Lourival (Louro), Lourival (Dr. Lourival), Luiz Vital, Marcos Quirino, Roberto Martiniano, Sandro Soares, Severino, Wellken Renato e William (Pequeno), em especial aos TRAINEES, Antonio Jovino, Christyan Delano, Danúbio Hilário, Lígia Enders, Rafael Barbosa e Tiago Pedro.

À Usina São José S/A, pela cessão das instalações utilizadas na realização deste trabalho.

A diretoria da Usina São José nas pessoas do Dr. Frederico Augusto Cavalcanti de Petribú e do Dr. João Carlos Vilaça Cavalcanti de Petribú.

A Gerência do departamento de RH na pessoa de Márcia Gonçalves pelo apoio, incentivo e oportunidade para realização desse mestrado.

A todos que compõe a Divisão Agrícola da Usina São José S/A, pela colaboração durante a realização deste trabalho.

A todos que fazem parte da Usina São José S/A, e de alguma maneira colaboraram com o trabalho realizado, especialmente aos funcionários Marcelo (Telo), Galego e Meba.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	9
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	11
<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1. A Cultura da cana-de-açúcar</b> .....	18
<b>2.1.1. Origem</b> .....	18
<b>2.1.2. Importância sócio-econômica</b> .....	18
<b>2.1.3. Morfologia</b> .....	18
<b>2.1.4. Fenologia e exigências agrometeorológicas</b> .....	21
<b>3. ACLIMATIZAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO</b> .....	22
<b>3.1. Radiação Solar</b> .....	23
<b>3.2. Temperatura do ar</b> .....	25
<b>3.3. Umidade relativa do ar</b> .....	26
<b>3.4. Materiais de cobertura</b> .....	28
<b>CAPÍTULO I</b> .....	30
<b>RESUMO</b> .....	30
<b>ABSTRACT</b> .....	31
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	32
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	33
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>CONCLUSÕES</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42
<b>CAPÍTULO II</b> .....	45
<b>RESUMO</b> .....	45
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	47
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	48
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	53
<b>CONCLUSÕES</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63



5. REFERÊNCIAS..... 64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Touceiras de cana-de-açúcar. ....	19
Figura 2. Fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar. ....	20

## CAPÍTULO I

Figura 1. Esquema de localização geográfica da Usina São José. ....	34
Figura 2. Vista interna dos ambientes protegidos cultivados com mudas de cana-de-açúcar, sendo TA – plástico leitoso + malha termo-refletora e TB – plástico leitoso + malha preta. ....	34
Figura 3. Material vegetal utilizado no experimento. ....	35
Figura 4. Plantio das mudas. ....	35
Figura 5. Disposição das bancadas, bandejas e tubetes nos tratamentos A e B. ....	37
Figura 6. a) Radiação solar global semanal e número de folhas das plantas de cana-de-açúcar b) Radiação solar global semanal e altura de planta (cm) nos ambientes protegidos: TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB – Plástico leitoso + malha preta, Igarassú, PE, 2011. ....	38
Figura 7. a) Comprimento de colmo (cm) ao final do experimento – CC b) Diâmetro de colmo (cm) ao final experimento – DC, nos ambientes protegidos: CC TA e DC TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e CC TB e DC TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. ....	41

## CAPÍTULO II

Figura 1. Localização da área experimental. ....	49
Figura 2. Dados médios de temperatura máxima, média e mínima do ar e precipitação para o município de Goiana-PE, no período de 1980 a 2011. ....	50
Figura 3. Vista internados ambientes protegidos: a) TA - plástico leitoso + malha de sombreamento termorrefletora (50%) instalada junto da superfície interna do plástico leitoso e b) TB - plástico leitoso + malha de sombreamento preta (50%) instalado na altura do pé direito. ....	50

- Figura 4. Disposição das bancadas, bandejas e tubetes nos tratamentos A e B, com destaque para os tubetes utilizados na biometria das plantas..... 51
- Figura 5. Representação esquemática da distribuição dos sensores dentro do ambiente protegido. .... 52
- Figura 6. Abrigo para o sensor de Tar e UR% externo, localizado a 40 m de distância do ambiente protegido..... 53
- Figura 7. Variação semanal da radiação solar global e da altura de planta no ambiente com malha termorrefletora (TA) e malha preta (TB). .... 54
- Figura 8. Variação diária da radiação solar global nos ambientes protegidos: TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora, TB - Plástico leitoso + malha preta e ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. .... 55
- Figura 9. Temperatura média diária do ar no ambientes protegido e no ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. .... 56
- Figura 10. Umidade relativa do ar no ambiente protegido (UR% interna) e no ambiente externo (UR% externa), durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.... 57
- Figura 11. a) Relação entre a temperatura do ar no ambiente protegido e ambiente externo e b) relação entre a umidade relativa do ar no ambiente protegido e ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. .... 58

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1. Número médio de folhas das mudas de cana-de-açúcar (NF), nos dois ambientes de produção e altura média das mudas de cana-de-açúcar - AP (cm), nos dois ambientes de produção, TA – Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB – Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. .... 39
- Tabela 2. Valor médio de comprimento do colmo das mudas de cana-de-açúcar – CC (cm), nos dois ambientes de produção e diâmetro de colmo das mudas de cana-de-açúcar - DC (cm), nos dois ambientes de produção, TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011..... 40
- Tabela 3. Número de plantas mortas (NPM) e percentual de sobrevivência (%S) em cada semana de avaliação, nos dois ambientes de produção, TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011. .... 42

### CAPÍTULO II

- Tabela 1. Umidade relativa máxima, média e mínima do ar no ambientes protegido e no ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011..... 57



## **ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DOIS TIPOS DE MALHA DE SOMBREAMENTO**

Autor: **SINVAL PEIXOTO ORRICO DA SILVA NETO**

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **LUZIA FERREIRA DA SILVA**

### **RESUMO**

Baseado no fato de que o setor sucroalcooleiro é uma atividade em pleno crescimento, impulsionado por investimentos em tecnologia de produção, o Estado de Pernambuco tem-se destacado nesse cenário, como a utilização de técnica de propagação *in vitro*. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho analisar o microclima e avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar em aclimatização sob dois tipos de coberturas em ambiente protegido. A pesquisa foi conduzida junto à área experimental da Usina São José, situada no município de Igarassú - PE, latitude de 7°48'37,32" S, longitude de 34°59'49,23" O e altitude de 34 m. O ambiente protegido foi coberto com plástico leitoso e dividido em dois ambientes, um associado a malha de sombreamento termorrefletora (TA) e outro associado a malha de sombreamento preta (TB). As variáveis estudadas foram: variáveis meteorológicas (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar) e variáveis de cultura (comprimento do colmo, diâmetro do colmo, comprimento da folha, número de folhas, altura da planta e área foliar). Utilizou-se 12 bandejas com 108 tubetes cada, tanto para TA quanto para TB, sendo escolhidos aleatoriamente 4 tubetes para o acompanhamento biométrico. O delineamento experimental utilizado foi Inteiramente casualizado (DIC) e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação entre as médias. O ambiente de produção sob TA proporcionou os melhores resultados biométricos de desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar, em decorrência da maior disponibilidade de radiação solar neste ambiente de produção.

**Palavras-chave:** elementos meteorológicos, microclima, plasticultura

## **ACCLIMATIZATION OF SEEDLINGS OF SUGAR CANE IN PROTECTED ENVIRONMENT UNDER TWO TYPES OF SHADING MESH**

Autor: **SINVAL PEIXOTO ORRICO DA SILVA NETO**

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **LUZIA FERREIRA DA SILVA**

### **ABSTRACT**

Based on the fact that the sugar-alcohol sector is a growing activity, driven by investments in production technology, the State of Pernambuco has excelled in this scenario, as the use of technique of in vitro propagation. Accordingly, this work sought to analyze the microclimate and evaluate the growth and development of sugarcane seedlings in acclimatization under two types of roofs in protected environment. The survey was conducted by the experimental area of Usina São José, in the municipality of Igarassú-PE, latitude of 7° 48' 37.32 "S, longitude 34° 59' 49.23"O and height of 34 m. The protected environment was covered with milky plastic and divided into two environments, an associated shading mesh termorreflective (TA) and the other associated with black shading mesh (TB). The variables studied were: meteorological variables (solar radiation, air temperature, relative humidity) and crop variables (stem length, diameter of the stem, leaf length, number of leaves, plant height and leaf area). 12 trays with 108 tubes each, were employed both for TA and TB, being randomly chosen for the biometric monitoring 4 tubes. The experimental design used was entirely casualized (DIC) and Tukey test ( $p < 0.05$ ) for comparing the averages. The production environment under TA provided the best biometric results of development of seedlings from sugarcane, as a result of the greater availability of solar radiation in the production environment.

**Keywords:** meteorological elements, microclimate, plasticulture

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil Colônia, o que se diz é que as primeiras canas foram introduzidas por volta de 1532 por Martim Afonso de Souza em uma de suas primeiras viagens para o Brasil. Nesta época a cana-de-açúcar foi utilizada principalmente para a produção do açúcar colonial (LAVANHOLI, 2008).

Desta forma, teve início à agroindústria de cana-de-açúcar no Brasil depois de muitas tentativas de implantação frustradas em várias regiões do país, por diversos problemas como: invasões indígenas e principalmente as características climáticas das várias regiões, a região Nordeste demonstrou características bem favoráveis de clima e solos férteis que contribuíram para a expansão por estados da Bahia, Piauí, Alagoas e Paraíba (FIGUEIREDO, 2008).

Ao longo de quase cinco séculos de exploração, a cana-de-açúcar desempenhou sucessivos papéis na economia brasileira, fortaleceu o período colonial, deu origem a indústrias e destacou a nação como exportadora de açúcar; posteriormente, alavancou o desenvolvimento de áreas do Nordeste brasileiro, também, do Centro-Sul. Ainda, forneceu uma fonte alternativa ao petróleo na geração de energia. Foi nesse contexto que a cana-de-açúcar se estabeleceu no País (PIMENTA & SPADOTTO, 1999).

A produção mundial totaliza quase 1,5 bilhões de toneladas e está localizada predominantemente na faixa tropical do planeta, nos países em desenvolvimento da América Latina, África e do Sudeste Asiático (ÚNICA, 2010).

Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, segundo dados da FAO (2011) a produção brasileira foi 671.395.000 toneladas, crescimento acumulado de 155,6% nos últimos 20 anos. O estado de São Paulo se destaca com a maior área e maior produção do país, 3,8 milhões de hectares e é responsável por 57,87%, da produção nacional, seguido pelos estados de Minas Gerais e Paraná, ficando Pernambuco com a 7ª maior produção nacional. (AGRIANUAL, 2010).

A área plantada com cana-de-açúcar no Brasil é de 7,1 milhões de hectares, distribuídos em todo o território nacional (AGRIANUAL, 2010). Seguido do Brasil aparece à Índia com 4,9 milhões de hectares (22%) China com 1,2 milhões de hectares (5%), caracterizando-se como os países de maior representatividade no cenário mundial (BRASIL 2008).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta grande importância econômica, pois da indústria sucroalcooleira são obtidos o açúcar e o álcool, além de possuir múltipla aplicabilidade, como o seu emprego sob a forma de forragem, para alimentação animal,



SILVA NETO, S. P. O.

ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melaço, aguardente e os produtos da sucroquímica, em que se obtêm glicose, frutose, ácidos, sorbitol, sucralose, entre outros. O processo fermentativo pode resultar na obtenção de acetonas, antibióticos (penicilina, tetraciclina), enzimas industriais (amilases, proteases), vitaminas (C, B2, B12), aminoácidos (lisina, fenilalanina) e insumos biológicos para a agricultura como os bioinseticidas e fertilizantes (BRASIL, 2008).

A adoção de técnicas de propagação *in vitro* (micropropagação) é uma alternativa que possibilita a obtenção de mudas de variedades selecionadas, com alta qualidade fitossanitária em curto período de tempo (HENDRE et al., 1983; TORRES et al., 1998; PEREIRA, 2003). Por meio desta técnica, 10 mil mudas de cana-de-açúcar podem ser produzidas em um ano, a partir de uma única planta (LEE, 1987). Aamir (2008) demonstrou que a micropropagação tem um potencial de produção *in vitro* de 75.600 brotos de cana-de-açúcar a partir de um único explante de gema apical no período de 5,5 meses. Um relevante aumento na produção de mudas foi reportado também por Anita (2000), ao obter mais de 1,5 milhão de plantas a partir de um simples broto apical em seis meses; este incremento na produção *in vitro* reflete o constante aprimoramento da micropropagação (BERED et al., 1998; ALI et al., 2006; AAMIR, 2008.).

A fase de aclimatização é considerada crítica, uma vez que a mudança do laboratório para o ambiente protegido implica em estresses fisiológicos que podem resultar em grandes perdas do material micropropagado (LOCATELLI & LOVATO, 2002). A qualidade do sistema radicular é de suma importância para a sobrevivência e desenvolvimento das plantas na etapa *ex vitro* do cultivo.

É indispensável controlar elementos meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar para minimizar as perdas. As mudas de cana-de-açúcar micropropagadas necessitam encontrar no ambiente protegido temperatura que variam entre 15 e 25 °C, umidade relativa do ar mínima de 85% e valor limite de radiação solar estabelecido pela FAO de 8,4 MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>. Tanto a escassez quanto o excesso d'água são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura. Contudo, a cana-de-açúcar requer umidade adequada durante todo o período vegetativo para obtenção do máximo potencial genético da cultura, pois o crescimento é diretamente proporcional à água transpirada. Dependendo do clima, a necessidade hídrica da cana-de-açúcar gira em torno de 4,9 mm dia<sup>-1</sup>, totalizando aproximadamente 2000 mm distribuídos de maneira uniforme durante a temporada de desenvolvimento (TEODORO et. al., 2009).

Guiselini e Sentelhas (2004) verificaram que as malhas instaladas internamente, horizontalmente na altura do pé-direito do ambiente protegido, associadas ao filme plástico, promoveram uma barreira parcial ao movimento convectivo, observando-se temperaturas superiores logo abaixo das malhas, causando assim, valores de temperatura do ar, próximo aos sensores, maiores do que no ambiente sem malha de sombreamento. Além disso, algumas malhas termorrefletoras têm capacidade de conservar energia no ambiente (HANAN, 1998). Porém, o principal objetivo delas durante o dia é evitar o incremento de temperatura, por meio do sombreamento (NIJSKENS et al., 1985). Silva & Miguel (1991) realizaram estudo visando avaliar a temperatura do ar em ambiente protegido com e sem a utilização de malhas termorrefletoras e concluíram que o uso desse material aumenta significativamente a quantidade de luz difusa e atenua a temperatura do ar.

Diante do exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de analisar o microclima e avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar em aclimatização sob dois tipos de coberturas em ambiente protegido.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A Cultura da cana-de-açúcar**

#### **2.1.1. Origem**

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é originária do sudeste Asiático, na região de Nova Guiné e Indonésia (MOZAMBANI et al., 2006; JAMES, 2004). Registros com mais de 8.000 anos indicam que a produção de açúcar se iniciou na China e posteriormente na Europa, África e Américas, incluindo o Brasil (JAMES, 2004).

#### **2.1.2. Importância sócio-econômica**

A cultura tem importância devido a diversos fatores econômicos, sociais e ambientais, sendo os principais: o aquecimento global e a alta nos preços do petróleo. Segundo FAO (2011) a safra 2009/2010 de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 671 milhões de toneladas, sendo o Estado de São Paulo o principal produtor com 57,87% da produção.

Do total de colmo industrializado, 45% foram destinados à produção de açúcar, com produção aproximada de 38 milhões de toneladas e, 55% da produção foram destinados à fabricação de álcool, sendo aproximadamente 28% do montante para produção de álcool anidro e o restante para álcool hidratado (etanol). Como meio de comparação, no mesmo período, foram comercializados mais de 2,5 milhões de veículos movidos a etanol ou bicombustíveis (ANFAVEA, 2010) o que ressalta a importância da cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

O etanol, reconhecido como combustível renovável e menos poluente representa um grande potencial para o setor sucroenergético do País, atraindo investimentos internos e externos, sendo considerado como exemplo de programa de energia renovável entre os países emergentes (GOLDEMBERG, 2007).

#### **2.1.3. Morfologia**

A cana-de-açúcar é uma gramínea tropical perene, desenvolve-se em forma de touceira com perfilhos em sua base com mais de 2 m de altura e diâmetro com cerca de 5 cm (JAMES, 2004). A parte aérea é formada por colmos, folhas, inflorescência e frutos já a subterrânea por raízes e rizomas que são formados por nós, entrenós e gemas, as quais são responsáveis pela formação dos perfilhos da touceira (MOZAMBANI et al., 2006) (Figura 1).



Figura 1. Touceiras de cana-de-açúcar.

Os perfilhos se originam a partir do colmo primário e comportam-se como uma planta independente e autônoma, cada perfilho têm raízes, colmos e folhas próprios, havendo, porém troca de nutrientes entre os perfilhos da mesma touceira (RIPOLI et al., 2006). O sistema de perfilhamento é simples, descrito como perfilhos primários, secundários, terciários, assim por diante (JAMES, 2004; RIPOLI, 2006).

O sistema radicular é altamente ramificado do tipo fasciculado, melhor observado em sua parte superficial, onde 85% encontram-se nos 50 primeiros centímetros e 60% nos primeiros 20-30 centímetros de forma orientada para baixo no sentido vertical (SEGATO et al., 2006). A distribuição das raízes declina de forma exponencial à medida que ela vai se aprofundando com valor máximo de densidade de aproximadamente  $5 \text{ cm cm}^{-3}$ .

O colmo representa a parte econômica no cultivo da cana-de-açúcar. Ele constitui-se num reservatório, que em condições favoráveis a maturação, ocorre o acúmulo de grande quantidade de sacarose. O colmo da cana-de-açúcar é uma haste sem ramificações, com secção transversal aproximadamente circular, diferenciadas em segmentos compostos por um nó, que consiste em uma gema lateral situada junto à inserção foliar contendo primórdios radiculares e anel de crescimento, e um entrenó, que chegam de 15 a 25 cm, dependendo das condições meteorológicas experimentadas pela planta, onde ocorre o acúmulo de sacarose da planta (MARIN ET al., 2009). Em cultivo comercial, o colmo da cana-de-açúcar é também utilizado como forma de propagação.

A folha da planta é constituída de duas partes: bainha que liga a folha ao colmo na base dos nós e a lâmina foliar que faz o processo de transpiração vegetal, respiração

SILVA NETO, S. P. O.

e fotossíntese, sendo a coletora de energia do meio externo, podendo chegar a 150 cm de comprimento e 10 cm de largura sendo uma das partes que diferem as variedades de cana-de-açúcar, sendo que outras variações podem ocorrer em alguns elementos da bainha como a lígula e a aurícula (JAMES, 2004).

O ciclo de morte e substituição das folhas ocorre durante todo o período de desenvolvimento da cultura, porém o número médio de folhas permanece constante em torno de 9 a 13 folhas vivas por colmo (VAN DILLEWIJN, 1952, INMAN-BAMBER, 1998).

Apesar de não apresentar benefício para o cultivo comercial por causar um processo chamado de isoporização do colmo, as plantas de cana-de-açúcar emitem inflorescência quando estimuladas. Berding et al. (2005) consideram que as condições para a ocorrência do florescimento são temperatura noturna acima de 21°C e tendência de redução do fotoperíodo. Além do fotoperíodo e da temperatura do ar, a boa disponibilidade de água no solo também é favorável ao florescimento (ALFONSI et al., 1987).

A cana-de-açúcar apresenta quatro períodos de crescimento (Figura 2), definidas como: estabelecimento (10 a 30 dias), perfilhamento (150 e 350 dias), crescimento dos colmos (70 a 200 dias) e a maturação (50 a 70 dias). (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

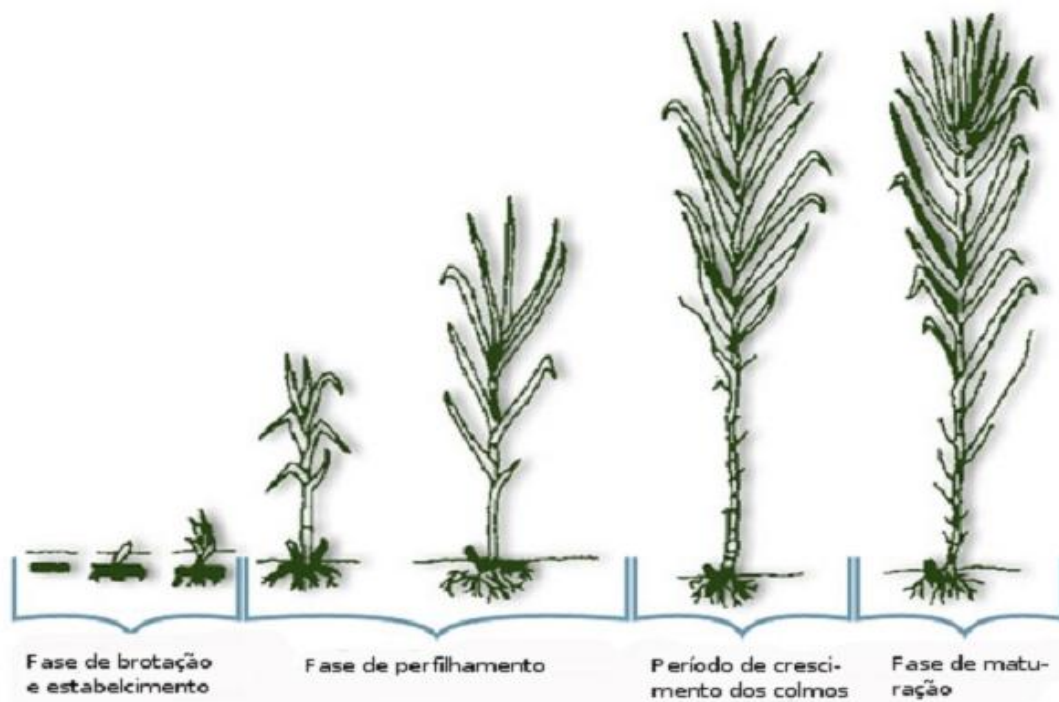


Figura 2. Fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar.

A multiplicação desta espécie é feita tradicionalmente por meio de estacas e algumas variedades não produzem sementes férteis. Diante da importância singular da sacaricultura para a economia do País e mediante a formação de lavouras de alta qualidade viabiliza-se o aumento da produtividade. O emprego de mudas de elevado padrão fitossanitário e fisiológico, como aquelas obtidas por micropropagação é um fator capaz de alavancar a produtividade da lavoura. (BERED et al., 1998; AAMIR, 2008; ALI ET et al., 2006.).

A micropropagação, termo proposto por Hartmann & Kester (1968), devido ao tamanho dos propágulos utilizados pode ser dividida em cinco fases: I – etapa de seleção e tratamento fitossanitário da planta matriz por meio de antibióticos, fungicidas, com o intuito de minimizar possíveis contaminações na etapa seguinte II – etapa de estabelecimento do cultivo inicial ou primário, abrangendo a seleção de explantes, desinfestação e cultura em meio nutritivo (MURASHIGE & SKOOG, 1962) sob condições assépticas (ERIG & SHULG, 2003); III – etapa de multiplicação dos propágulos mediante sucessivas subculturas; IV – etapa do enraizamento, a qual pode ser dividida em indução, iniciação e alongamento de raízes, as duas primeiras subfases respondem ou dependem de auxina, sendo o crescimento inibido pela presença deste fitohormônio (TORRES et al.,1998); e V – etapa de aclimatização, resumindo-se na transferência das plantas estabelecidas *in vitro* para o ambiente (*ex vitro*), (KRIKORIAN, 1991; BANDEIRA et al., 2007).

#### **2.1.4. Fenologia e exigências agrometeorológicas**

A cana-de-açúcar é uma planta de metabolismo C4, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos como produto primário do processo fotossintético. Apresenta maior taxa fotossintética e de eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> da atmosfera (SEGATO et al., 2006).

Durante o ciclo vegetativo existem fases em que a planta apresenta alterações em função da ação do ambiente. As principais fases de desenvolvimento são: brotação, perfilhamento, crescimento e maturação. Para cada uma destas fases a cana apresenta diferentes exigências climáticas, sendo que alguns cultivares são mais exigentes do que outros (BRAY, 1980).

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos mais importantes na produção da cana-de-açúcar, com o ótimo para seu desenvolvimento entre 20 °C e 30 °C (MARIN et al., 2009) e seu crescimento é nulo com temperaturas inferiores a 16 °C

SILVA NETO, S. P. O.

e superiores a 38 °C. Para o crescimento das raízes, James (2004) considera que o mesmo é afetado diretamente pela umidade e temperatura do solo, sendo que temperaturas abaixo de 18 °C retardam o desenvolvimento radicular e seu crescimento é incrementado progressivamente até temperaturas em torno de 35 °C, em que acima desta o crescimento é prejudicado.

O perfilhamento começa após 20 a 30 dias após a brotação inicial do colmo primário (SEGATO et al., 2006) e pode chegar a até 120 dias, sendo um processo de emissão de colmos ou hastes por uma mesma planta, os quais recebem a denominação de perfilhos. Nesta fase, Suguitani (2006) afirma que a temperatura ideal está entre 27 °C e 32 °C, sendo que temperaturas abaixo de 5 °C e acima de 45 °C paralisam o processo.

### **3. ACLIMATIZAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO**

A aclimatização pode levar de 35 a 50 dias para se completar, ao final deste período as plântulas bem desenvolvidas, enraizadas e aclimatizadas, estão adequadas para o plantio a campo.

A etapa em ambiente protegido se inicia com o plantio em bandejas com substrato que pode variar desde uma mistura de fibra e pó de coco, previamente decomposto ou substratos a base de terra vegetal ou torta de filtro oriunda da fabricação do açúcar. Permanecem no ambiente protegido até a formação do sistema radicular e a formação de um colmo bastante firme que suporte o transporte para o campo. (LEE et al., 2007).

As plântulas recém-saídas da fase de aclimação (laboratório) requerem umidade relativa (UR) bastante alta, intensidade de luz relativamente baixa e temperatura média, condições estas que devem ser constantes. Estas condições são semelhantes aquelas dos frascos da sala de cultura. Assim que as plântulas sobrevivem ao estresse do transplante, elas passam a necessitar de condições mais naturais como UR normal, luz intensa e tem uma resistência a temperaturas variadas. Por esta razão, é recomendado separar o ambiente protegido, em duas partes. Um 'berçário' onde as plântulas ficarão até que as raízes comecem a surgir por debaixo da bandeja (de 7 a 10 dias), com uma alta umidade relativa do ar de maneira a diminuir as perdas de água por evapotranspiração. Já na segunda fase, em uma área mais rústica e natural. Nessa etapa de aclimatização o enfoque de umidade visa principalmente o substrato, daí que a umidade relativa, deve ser mantida em torno de 85 %, não sendo necessária a

preocupação com o controle de temperatura do ar. As plantas ficarão mais rústicas durante o período em que permanecerem na segunda parte do ambiente protegido e poderão sobreviver bem melhor quando transplantadas para o campo.

O cultivo em ambiente protegido proporciona diversas vantagens em relação ao cultivo tradicional, em campo aberto, como a proteção das plantas contra as adversidades climáticas, o aumento da produtividade, a maior eficiência na utilização de água e fertilizantes e a obtenção de produtos de alta qualidade comercial, o que impulsionam recentes e futuros estudos que exploram alterações nos parâmetros produtivos e na produtividade agrícola, em função do controle de variáveis e modificações micrometeorológicas em ambiente protegido (GALVANI et al., 2001; FELTRIM et al., 2005; GUSMÃO et al., 2006; PIRES et al., 2006; TRANI et al., 2006; DELLA VECCHIA et al., 2007; STIDLE NETO et al., 2008; GUISELINI, 2010).

A cobertura plástica é a maior responsável pelas alterações meteorológicas que ocorrem no interior de um ambiente protegido, possibilita ajustar o ambiente às plantas e estender o período de produção para épocas do ano e mesmo regiões antes inaptas à agricultura (ANDRIOLO, 1999), sobretudo para os cultivos na entressafra, ampliando o rendimento econômico dos produtores (ARAÚJO et al., 2009).

Alguns elementos meteorológicos afetam significativamente o crescimento e a produção das culturas, dentre eles a radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar e velocidade dos ventos. Basicamente, o que ocorre no interior do ambiente protegido é a atenuação das variações extremas dos elementos meteorológicos desfavoráveis a essas culturas no ambiente externo (VÁSQUEZ et al., 2005), como a redução da radiação solar incidente (GUISELINI et al., 2004; BURIOL et al., 2005; BECKMANN et al., 2006; e GUISELINI et al., 2010), velocidade do vento (CARDOSO et al., 2008; CHAVARRIA et al., 2008), aumento da temperatura do ar (GUISELINI et al., 2007), do solo e da umidade relativa do ar. Este aumento de temperatura em alguns casos pode não ser favorável, isto vai a depender do clima local e da cultura.

PURQUEIRO & GOTO (2005) salientam que no interior do ambiente protegido a temperatura do ar é o fator agrometeorológico que exerce influência sobre as funções vitais das plantas e seu controle é considerado essencial.

### **3.1. Radiação Solar**

Segundo Jones (1992), a radiação solar é a principal fonte de energia para as plantas, sendo sua maior parte convertida em calor, impulsionando o processo de



SILVA NETO, S. P. O.

transpiração e também alterando a temperatura dos tecidos vegetais com consequência para a taxa dos processos metabólicos e o balanço entre eles. Kirda (1994) verificou relação linear entre o consumo de água de uma cultura em ambiente protegido e a radiação solar diária.

A radiação solar possui importância decisiva em todos os processos vitais das plantas, tais como a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos, floração, entre outras (MCCREE, 1972; KITTAS et al., 1999; BECKMANN et al., 2006;). Portanto, a escolha do material de cobertura do ambiente protegido é fator decisivo para a manutenção e desenvolvimento da cultura, podendo alterar a radiação solar transmitida ao interior da estufa, beneficiando as plantas de acordo com suas exigências meteorológicas (GUISELINI et al., 2004b; CUNHA & ESCOBEDO, 2003).

A radiação solar incidente no interior de um ambiente protegido, coberto com plástico, é sempre menor que a que incide sobre uma superfície livre, devido à reflexão e à absorção pelo material da cobertura plástica (PEZZOPANE, 1994).

Seemann (1979) afirmou que a absorção depende da composição química e da espessura do material plástico, as quais, além de reduzir a densidade de fluxo da radiação solar, possuem efeito seletivo, isto é, permitem a passagem de certas faixas espectrais, e reduzem a transmitância de outras faixas de comprimento de onda. Já a reflexão é condicionada pelas características da superfície da cobertura e pelo ângulo de incidência da radiação solar. Farias et al. (1993), comentaram que, de acordo com a coloração, a opacidade ou a transparência, os filmes plásticos diferem quanto à absorção, à reflexão e à transmissão das radiações de onda curta e longa; observaram também que, em determinadas condições de temperatura e de umidade do ar, no interior dos ambientes, ocorre a condensação de vapor d'água sobre a face interna da cobertura.

A aderência de gotas de água sobre o filme plástico reduz a transmissividade do material; sendo assim, a camada de água condensada na superfície inferior do filme de polietileno aumenta, consideravelmente, a interceptação de radiação de ondas longas. Como consequência, pode-se obter maior conservação de calor. Esta característica, embora vantajosa durante a noite, não é desejável durante o dia, por impedir a entrada de parte da radiação solar incidente, o que reduz a fotossíntese e afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas (TANAKA & GENTA, 1982).

As informações sobre as características dos filmes plásticos, utilizados na agricultura, são de responsabilidade dos fabricantes. Estes devem informar sobre seus filmes plásticos, de modo que o técnico, o agrônomo e o produtor rural possam eleger

os materiais e as marcas pela qualidade da luz que os filmes transmitem (FURLAN, 2001).

### 3.2. Temperatura do ar

A temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, as quais governam o crescimento e desenvolvimento da planta (COCKSHULL, 1992). Segundo DEBERGH (1991) & GEORGE (1996), a exigência térmica de mudas micropropagadas é em torno de (15 a 25 °C) variando com a espécie e suplementação de CO<sub>2</sub>.

Para medidas de temperatura do ar os sensores devem ser protegidos da radiação solar durante o dia e do resfriamento causado pela irradiação de ondas longas durante a noite. As diferenças de temperatura entre o ar e os sensores são as principais causas de erro de medida. As proteções com circulação forçada de ar reduzem significativamente os erros de medida, porém as proteções com ventilação natural são também eficientes formas de proteção. Estudos detectaram erros inferiores a 1 °C para proteções tipo "multi-pratos" sobre gramados e com velocidade do vento superior a 1,5 ms<sup>-1</sup> (MCKAY & MCTAGGERT-COWAN, 1977).

Um conceito importante que pode ser aplicado a qualquer tipo de sensor é o tempo de resposta (tempo constante). Todo sensor exposto a um novo ambiente requer um intervalo de tempo para atingir o equilíbrio. Este tempo de ajuste é especialmente importante no caso a temperatura do ar porque ela pode apresentar grande variação temporal especialmente quando se pretende monitorá-la com alta frequência de medida. Constante de tempo é definida, portanto, como o intervalo de tempo para que a variação da medida da temperatura seja igual a 63,2% da variação total da temperatura entre dois instantes. A constante de tempo de um sensor é função da sua capacidade calorífica, volume e da habilidade do sensor em trocar energia térmica com o ambiente (FRITSCHEN & GAY, 1979).

A temperatura do ar, no interior dos ambientes protegidos, está intimamente ligada ao balanço de energia, que irá depender de fatores como tamanho da estufa, propriedades óticas da cobertura e condições meteorológicas locais (BURIOL et al. 1993).

As características que afetam os processos de ganho e de perda de energia, como volume de ar do ambiente protegido, condições atmosféricas externas, área da superfície, transmissividade da cobertura, área de abertura, ventilação e cobertura do

solo, condicionarão a temperatura nesses ambientes (ATARASSI, 1999). Durante o dia, devido ao saldo positivo de radiação, a superfície aquece a parcela de ar próxima a ela, desencadeando um processo convectivo. Dentro do ambiente, esse processo é interrompido pela cobertura plástica, que impede a ascensão do ar quente, o que provoca a elevação das temperaturas durante o período diurno (PEZZOPANE, 1994). Com isso, as temperaturas máximas internas atingem valores bem mais elevados que as do ambiente externo.

Martins & Gonzalez (1995) afirmaram que, quando esse incremento de temperatura no interior do ambiente atinge níveis muito elevados, tal efeito pode ser minimizado com a abertura lateral ou superior do ambiente, ou com o uso de um sistema de ventilação.

Camacho et al. (1995), em trabalho realizado em Pelotas, RS, observaram que as temperaturas mínimas do ar, em ambientes com PEBD, eram inferiores às do exterior, durante o período de junho a meados da primavera. O fenômeno, denominado de “inversão térmica”, ocorre devido à alta transmissividade do PEBD à radiação de onda longa (infravermelho), o que permite grande perda de energia durante o período noturno. A redução da temperatura ainda é auxiliada pela falta de movimentos verticais e horizontais de massas de ar, no interior do ambiente, que, em condições de céu aberto, transportariam energia entre as camadas, reduzindo o resfriamento contínuo.

Reis (1997) relatou que, em Brasília, DF, uma estufa do modelo teto em arco, coberto com filme PEBD de 150 m, apresentou ganho de temperatura, com relação ao meio externo, de até 8,7 °C (às 14 h) e que permaneceu maior que 7 °C até às 2 h da manhã, diminuindo gradativamente até às 8h, quando foi observada a menor diferença (4,7 °C). Folegatti et al. (1997) observaram que, na primavera, os valores das temperaturas máxima, média e mínima do ar, dentro do ambiente, foram sempre superiores aos do exterior (14,8; 8,5 e 5,9%, respectivamente), com menor valor das mínimas de 12,2 °C e o maior valor das máximas de 42,2 °C.

### **3.3. Umidade relativa do ar**

O ar atmosférico é um importante componente do ambiente, sendo a temperatura e a umidade relativa do ar os principais elementos psicrométricos responsáveis por dois processos importantes no desenvolvimento da produção: o aquecimento e o resfriamento. Em países de regime tropical, como o Brasil, o aquecimento torna-se o principal problema para obter alto rendimento, e em países de clima temperado, o

SILVA NETO, S. P. O.

resfriamento é um componente indesejável para o processo produtivo, pois, para cada fase da produção, são exigidas diferentes faixas de temperatura e umidade relativa. Essas medidas são de grande importância em áreas como agricultura, zootecnia e engenharia, e os fabricantes de instrumentos têm-se preocupado em oferecer grande variedade de equipamentos com aplicação nesses setores (NOBLE & LE DIVICH, 1982; LE DIVICH & REINALDO, 1989).

Todas essas propriedades mutáveis devem ser medidas com precisão toda vez que se deseje determinar o que ocorre no ar e como ele varia, caracterizando, assim, o tempo num dado momento e lugar. A exatidão das medidas vai depender, em grande parte, da precisão do instrumental utilizado (SILVA, 2000).

A umidade relativa do ar pode afetar a transpiração da planta por interferir na condutância estomática. Indiretamente, pode afetar a turgência dos tecidos alterando processos metabólicos ligados ao crescimento da planta, como por exemplo, a absorção de nutrientes (ANDRIOLO, 1999). De acordo com DEBERGH (1991) & GEORGE (1996), recomendam que o ambiente durante a etapa de aclimatização *ex vitro*, deverá ter alta umidade relativa do ar (mínimo de 85%).

O vapor de água é um constituinte normal da atmosfera e a sua quantificação é talvez uma das variáveis com maior dificuldade para sua medida. Embora haja uma ampla gama de sensores com diferentes princípios de funcionamento, os capacitivos são atualmente os mais utilizados, por apresentar custo reduzido, boa precisão e estabilidade temporal. Outro princípio muito comum é o psicrométrico, por possibilitar medidas acuradas e a baixo custo, mas com a desvantagem de necessitar de manutenção freqüente em razão do bulbo molhado, e também por necessitar de suprimento de energia para o funcionamento dos ventiladores.

Uma questão que deve ser considerada na escolha de um sensor para a medida de qualquer grandeza, mas que toma importância especial quando se trata da umidade do ar é a condição na qual se pretende realizar a medida, em termos de escala de variação da umidade propriamente dita, a faixa de temperatura e a presença de contaminantes. Assim, deve-se observar a faixa mais adequada de operação do sensor considerando seu princípio de funcionamento e, nos casos em que se pretende monitorar ambientes com grande variação da umidade, pode ser conveniente se trabalhar com dois tipos de sensores para a medição da umidade do ar (WHITE & ROSS, 1991). Nas temperaturas normalmente observadas em ambientes naturais não há restrição para a operação da maioria dos sensores, mas quando se pretende operar em ambientes

modificados, com temperaturas muito altas ou muito baixas, pode haver problemas para o monitoramento da umidade.

Todos os sensores de umidade são sensíveis à presença de contaminantes no ar (WHITE & ROSS, 1991). Os principais problemas decorrentes da ação desses poluentes são a perda de acurácia, alteração do tempo de resposta e redução da vida útil do sensor.

### **3.4. Materiais de cobertura**

O primeiro uso de cobertura plástica na agricultura é datada de 1948, em que o prof. Dr. E.M. Emmert da University of Kentucky, por não possuir recursos financeiros, para aquisição de um ambiente protegido de estrutura de madeira coberto com película de acetato de celulose, optou por cobertura de película de polietileno (GARNAUD, 2000).

A partir da década de 1950 o uso dos plásticos de baixa densidade (PEBD) foi sendo utilizado em substituição a materiais de origem vegetal. Desde então, com os plásticos tornaram possível converter áreas aparentemente improdutivas do deserto em desenvolvimentos agrícolas modernos, assim incentivando o desenvolvimento econômico de áreas ditas como pobres. Como um exemplo, desta mudança, é a província de Almeria na Espanha em que há grande concentração de ambientes protegidos e é considerada como modelo de desenvolvimento agrícola (ESPÍ et al., 2006).

A utilização de coberturas plásticas prevalece em culturas de alto valor agregado, geralmente atingido as áreas da olericultura, floricultura e plantas ornamentais. De acordo com Gugumus (2000) os parâmetros mais desenvolvidos inerentes ao material de cobertura são: o tipo do polímero (PEBD, EVA, EBA, outros), aditivos estabilizadores, outros aditivos como a coloração, a espessura da película e por fim os processos de manufatura.

Devido à elevada sensibilidade à radiação solar direta, a maioria das culturas comerciais são cultivadas sob malhas ou telas que produzem sombreamento, sendo as pretas as mais utilizadas. Como a presença das malhas é necessária para o cultivo, podem-se obter vantagens específicas com a utilização de malhas diferenciadas, com propriedades ópticas especiais, que podem modificar a composição da luz que passa para as plantas, melhorando o rendimento dos cultivos (OREN-SHAMIR et al., 2001).

A exigência mais importante para materiais de cobertura é contribuir a um efeito que atenua a alta luminosidade no interior do ambiente protegido (ANDRADE JR. et.

al., 2011) Porque a radiação solar elevada conduz a um elevado aquecimento, o uso de malhas refletoras (pigmentos metálicos), que reflete comprimentos de onda, logo acima da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), ou seja, acima de 0,7 nm, malhas de absorção (sombrites, malhas negras), são utilizadas pra atenuar a radiação, porem absorvem energia e repassam para o ambiente em forma de calor (ESPÍ, et al 2006).

O modo como dispor a malha também afeta nas condições metereológicas do ambiente protegido como Guiselini (2010) constatou em dois ciclos da cultura de Gérbera, utilizando malha refletora disposta no interior na altura do pé direito e no exterior da cobertura do ambiente protegido, concluindo que a malha instalada externamente favoreceu na qualidade das plantas, porém, essa mesma malha sofreu mais desgastes e acumulo de poeiras de modo que não houve diferenças significativas quando contabilizada os dois ciclos sucessivos.

As malhas coloridas constituem um elemento novo no cultivo protegido, provocando reações morfológicas e fisiológicas específicas, melhorando a eficiência do cultivo e apresentando resultados qualitativos e econômicos satisfatórios (SHAHAK et al., 2002), que dependem do cultivo protegido em alguma fase de seu desenvolvimento (OREN-SHAMIR et al., 2001). Em geral a utilização da malha de coloração vermelha contribui para o crescimento acelerado das plantas que foi constatado por Oren-Shamir et al (2001); Cuquel et al. (2003) e Fagnani & Leite (2003) e em seus experimentos.

## CAPÍTULO I

### **CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ACLIMATIZAÇÃO SOB DOIS TIPOS DE COBERTURA**

#### **RESUMO**

Esta pesquisa foi conduzida no município de Igarassú - PE, com o objetivo de avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas de cana-de-açúcar em aclimatização sob dois tipos de cobertura em ambiente protegido. O ambiente protegido foi coberto com plástico leitoso e dividido em dois ambientes, um associado à malha de sombreamento termo-refletores (TA) e outro a malha de sombreamento preta (TB). A variedade das plântulas utilizadas para aclimatização foi a RB8675150. Para caracterização da disponibilidade de energia no interior dos ambientes, foi utilizada uma plataforma automática de registro de dados meteorológicos, para registros contínuos de radiação solar global em cada um dos ambientes. O monitoramento das variáveis biométricas, comprimento do colmo, diâmetro do colmo, comprimento da folha, número de folhas e altura da planta, ocorreram uma vez por semana seguindo assim 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o plantio. O ambiente TA proporcionou melhores respostas de desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar, em decorrência da maior disponibilidade de radiação solar neste ambiente de produção.

**Palavras chave:** ambiente protegido, micropropagação, plasticultura, radiação solar

## **GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUGARCANE SEEDLINGS IN ACCLIMATIZATION UNDER TWO TYPES OF COVERAGE**

### **ABSTRACT**

This survey was conducted in the municipality of Igarassú - PE, with the goal of evaluating the growth and development of sugarcane seedlings in acclimatization under two types of coverage in protected environment. The protected environment was covered with milky plastic and divided into two modules, one associated with Thermo-reflective shading mesh (TA) and other black shading mesh (TB). The variety of plants used for acclimatization was the RB8675150. For characterization of energy availability within the environments, was used an automatic platform of meteorological data, registration for continuous records of global solar radiation in each one of the environments. Monitoring of biometric variables: stem length, stem diameter, length of the leaf, leaf number and height of the plant, occurred once a week by doing so, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 49 56 days after planting. The environment TA gave best answers development of sugarcane seedlings, as a result of the greater availability of solar radiation in the production environment.

**Keywords:** protected environment, micropropagation, plasticulture, solar radiation



## INTRODUÇÃO

Nas regiões canavieiras do Brasil, como o Litoral Norte do Nordeste, a disponibilidade de área para expansão da cultura de cana-de-açúcar vem-se tornando cada vez mais escassa, sendo imprescindível manejar a cultura adequadamente, em busca de maiores produções por unidade de área. Contudo, a má distribuição e a baixa pluviosidade restringe o crescimento da cultura e proporciona impactos negativos na produtividade e na qualidade dos canaviais (WIEDENFELD & ENCISO, 2008).

A adoção de técnicas de propagação *in vitro* (micropropagação) é uma alternativa que possibilita a obtenção de mudas de variedades selecionadas, com alta qualidade fitossanitária, com influência na percentagem de sobrevivência, na velocidade de crescimento e na produção final. A utilização de mudas sadias de cana-de-açúcar pode aumentar a produtividade da cultura de 10 a 30% e a longevidade dos canaviais em 30% (PEREIRA, 2003; LEE et al., 2007).

O ambiente *in vitro* é caracterizado por uma atmosfera saturada, baixa irradiância (12 a 70  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ou 2,63  $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$  a 15,31  $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ ), temperatura entre 20 e 28 °C, reduzidas trocas gasosas entre os recipientes e a atmosfera externa, além das elevadas concentrações de carboidratos e reguladores de crescimento no meio de cultura (KADLECEK et al., 2001). Quando são transferidas desse ambiente para uma condição externa, as plantas devem passar por um período de aclimatização, em que a redução da umidade relativa e a exposição à alta irradiância devem ser realizadas de maneira gradativa, no sentido de aumentar as chances de sobrevivência das plantas (HARTMANN et al., 1997; GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1998).

Entende-se por aclimatização o conjunto de técnicas e procedimentos que tem como objetivo adaptar as mudas que estavam em condições *in vitro*, para as condições ambientais em ambientes protegidos ou estufas. Tal passagem de uma condição para outra se torna crítica e representa, em alguns casos, um fator limitante do processo de micropropagação; isto devido à plântula passar de uma situação de reduzido fluxo transpiratório (*in vitro*), para um ambiente que induz a um alto incremento na taxa de transpiração, ou seja, de um ambiente saturado para outro com menor umidade relativa do ar, ficando deste modo susceptível ao estresse hídrico. Da mesma forma, tais plântulas passam de uma existência heterotrófica, para um estado autotrófico, e de uma condição de alta disponibilidade de nutrientes no meio para outra, em que é necessário incrementar a absorção de sais, portanto, sai de um estado asséptico e fica sujeita ao ataque de microorganismos (GRATTAPAGLIA e MACHADO, 1990). O transplântio

SILVA NETO, S. P. O.

de plântulas *in vitro* e o completo estabelecimento em ambiente protegido pode ser complexo para algumas espécies, devido ao estresse provocado durante esta etapa (ROSS-KARSTENS et al., 1998).

DEBERGH (1991) & GEORGE (1996) recomendam que o ambiente, durante a etapa de aclimatização *ex vitro*, deverá ter alta umidade relativa do ar (mínimo de 85%), radiação reduzida, cerca de 40-150 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, ou seja, 8,75 MJm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> a 32,82 MJm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, temperaturas amenas (15 a 25°C), variando com a espécie e suplementação de CO<sub>2</sub>.

Existem relativamente poucos trabalhos que relatam os detalhes do procedimento de transplântio e aclimatização, as dificuldades e as soluções encontradas durante este processo. Esta carência de informações é ainda maior no caso de grandes quantidades de plantas, num sistema comercial de micropropagação. Meyer et al. (2009) ressaltam que a aclimatização das plantas em larga escala ainda não foi totalmente otimizado.

Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas de cana de açúcar em aclimatização sob dois diferentes tipos de coberturas em ambiente protegido.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida junto à área experimental da Usina São José, situada no município de Igarassú - PE, rodovia PE-41, Km 10,3, situada a 50 km da cidade do Recife, com latitude de 7°48'37,32"S, longitude de 34°59'49,23" O e altitude de 34 m. (Figura 1). O período experimental foi de 60 dias, de 06/10 a 07/12/2011. O clima da região é caracterizado com megatérmico (As) com precipitação de inverno e estação seca do verão até o outono, segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2002).

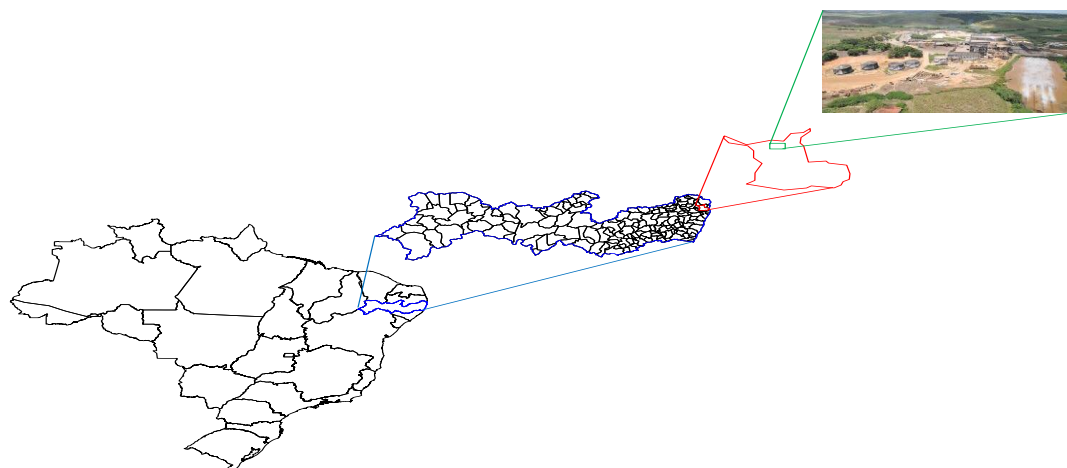


Figura 1. Esquema de localização geográfica da Usina São José.

O ambiente protegido foi coberto com plástico leitoso e dividido em dois, um coberto com plástico leitoso instalado na cobertura do ambiente protegido, associado a malha de sombreamento termorrefletora (50%) instalada na superfície interna do plástico leitoso (TA) e o outro coberto com plástico leitoso instalado na cobertura do ambiente protegido, associado a malha de sombreamento preta (50%) instalada na altura do pé direito (TB), constituindo-se, assim, dois tratamentos (Figura 2).

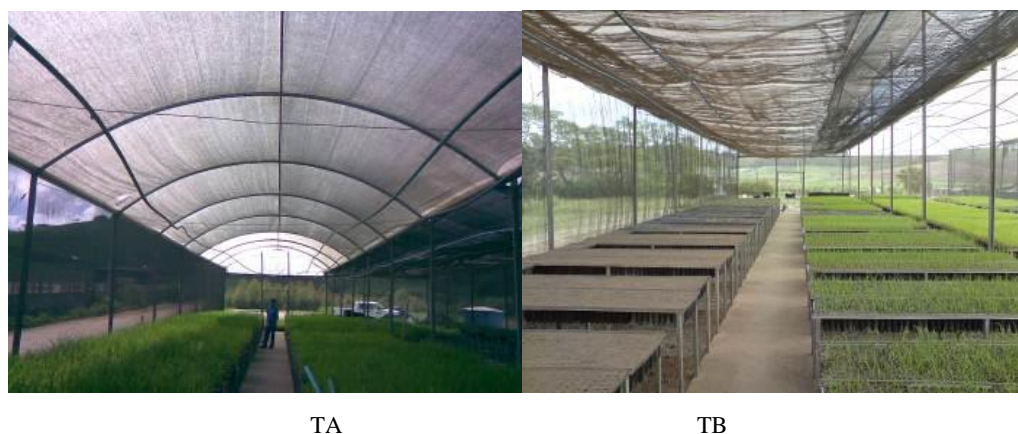


Figura 2. Vista interna dos ambientes protegidos cultivados com mudas de cana-de-açúcar, sendo TA – plástico leitoso + malha termo-refletora e TB – plástico leitoso + malha preta.

O ambiente protegido apresentava dimensões de 3,5 m de pé-direito, largura de 12,8 m e 48 m de comprimento, totalizando uma área de 614,4 m<sup>2</sup> (comprimento x largura), o piso dos ambientes é constituído de barro batido coberto com uma camada de brita de aproximadamente 10 cm, e no meio dos 2 ambientes existe uma passarela feita

SILVA NETO, S. P. O.

de cimento, a estrutura dos ambientes protegidos é de ferro galvanizado e para o fechamento lateral dos mesmos é utilizada malha de sombreamento preta.

A produção, manejo e irrigação das mudas foram adotados conforme a orientação do Centro de Tecnologia Estratégica do Nordeste (CETENE). O material vegetal utilizado foi constituído por plântulas micropropagadas em biorreator de imersão temporária (BIT) com tamanhos uniformizados e com presença de sistema radicular. (Figura 3).



Figura 3. Material vegetal utilizado no experimento.

A variedade das plântulas utilizadas para aclimatização foi a RB 86-7515, em que se procedeu ao transplântio para bandejas com 108 células de cultivo de mudas, que permitia a fixação dos tubetes que apresentavam diâmetro de 46 mm, comprimento de 145 mm, 08 estrias internas e capacidade de 115 cm<sup>3</sup> (Figura 4). O substrato utilizado foi o HORTALIÇA BX da BASAPLANT<sup>®</sup>.



Figura 4. Plantio das mudas.

Para caracterização quanto à disponibilidade energética no interior de cada ambiente, foi utilizado uma plataforma automática de registro de dados meteorológicos, *datalogger* Campbell<sup>®</sup>, modelo CR1000, para registros contínuos de radiação solar (Qg)

em cada um dos tratamentos e os sensores foram instalados a 1,50 m de altura em cada ambiente.

Os registros biométricos tiveram início uma semana após o plantio das mudas, no dia 13/10/2011 e, ocorreram uma vez por semana seguindo assim 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o plantio. Para as medições foram levadas em consideração as seguintes variáveis das plantas: número de folhas (NF) – foi feita a contagem das folhas existente na planta; altura da planta (AP) – para medir a altura da planta, foi levada em consideração a arquitetura da planta no tubete, ou seja, a altura máxima em que a planta se encontrava no momento da leitura, sem ser feita a medição tendo que esticar a folha da mesma; comprimento do colmo (CC) – a medição do comprimento do colmo foi feita com auxílio de uma régua, partindo da parte basal da planta mais rente ao substrato até a interseção da bainha da folha mais nova; diâmetro do colmo (DC) – para obtenção do valor do diâmetro do colmo pegou-se a medida do comprimento do colmo e dividiu por 2, obtendo assim a metade do colmo, fazendo então a leitura de medição de diâmetro neste ponto médio, por meio de um paquímetro; mortalidade (NPM) e percentual de sobrevivência (%S) – Semanalmente realizou-se a contagem das plantas mortas por bandeja e por tratamento e este valor foi acumulativo a cada nova contagem, obtendo-se então o número de plantas mortas. Do total de plantas por tratamentos foi feita a subtração das plantas mortas, obtendo um número X de mudas que sobreviveram, e com este número fez-se o cálculo percentual em relação ao total de plantas utilizadas em cada tratamento, obtendo o percentual de sobrevivência.

Utilizou-se 12 bandejas com 108 tubetes cada, tanto para TA quanto para TB, sendo escolhidos aleatoriamente 4 tubetes por cada bandeja e anotada a numeração desses tubetes, com intuito de medir sempre as mesmas plantas durante o acompanhamento biométrico (Figura 5). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) e o teste de Tukey para comparação entre as médias.

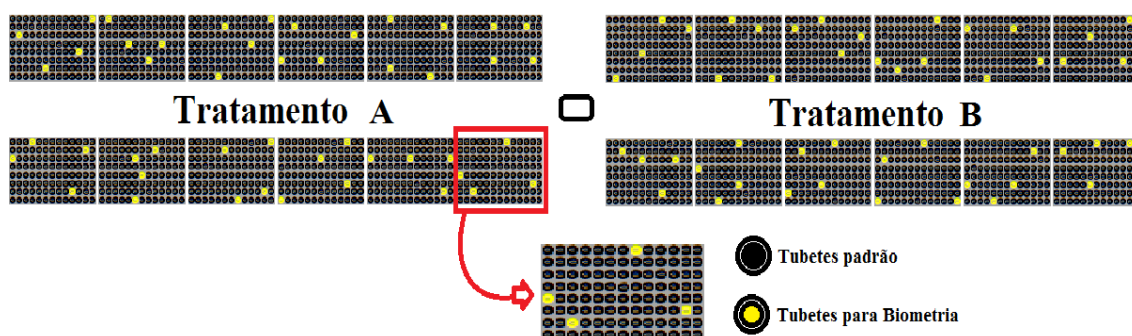


Figura 5. Disposição das bancadas, bandejas e tubetes nos tratamentos A e B.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Número de folhas e altura de planta

Durante o período experimental, o ambiente protegido com malha termorrefletora (TA) favoreceu o desenvolvimento das mudas, com número médio de folhas e altura da muda superiores aos das mudas do ambiente com malha preta (TB), para todas as avaliações, de 7 a 56 dias após o plantio (Figura 6 a e b). Isso se atribui a maior disponibilidade de radiação solar global no TA, quando comparado ao TB, o que favoreceu os processos fisiológicos da cultura, com ampliação do fluxo fotossintético, da taxa de aparecimento de folhas e, alteração positiva do microclima no ambiente, concordando com as investigações realizadas por Shahak (2002) e Gautier et al. (1999).

Comparando a radiação solar em TA e TB para o dia 10/Nov (35 dias após o plantio), nota-se maior diferença de radiação solar entre os dois tratamentos  $8,39 \text{ MJ m}^{-2} \text{ semana}^{-1}$  a mais em TA. Aliado a esta diferença, para o mesmo período, TA apresentou diferença de número de folhas de 0,42 a mais que TB (Tabela 1), confirmando a influencia positiva da quantidade de radiação solar global na emissão de folhas, assim como demais autores em estudos com outras culturas, tais como Guiselini et al. (2010) com gérbera e Osvaldo et al. (2010) com alface.

Verifica-se na Figura 5b que os valores médios de altura das mudas encontrados no TA foram maiores que os de TB, para todas as avaliações, sendo que na última avaliação (56 dias após o plantio) o maior valor de TB (20,11 cm) já tinha sido obtido em TA entre 42 e 49 dias após o plantio das mudas.

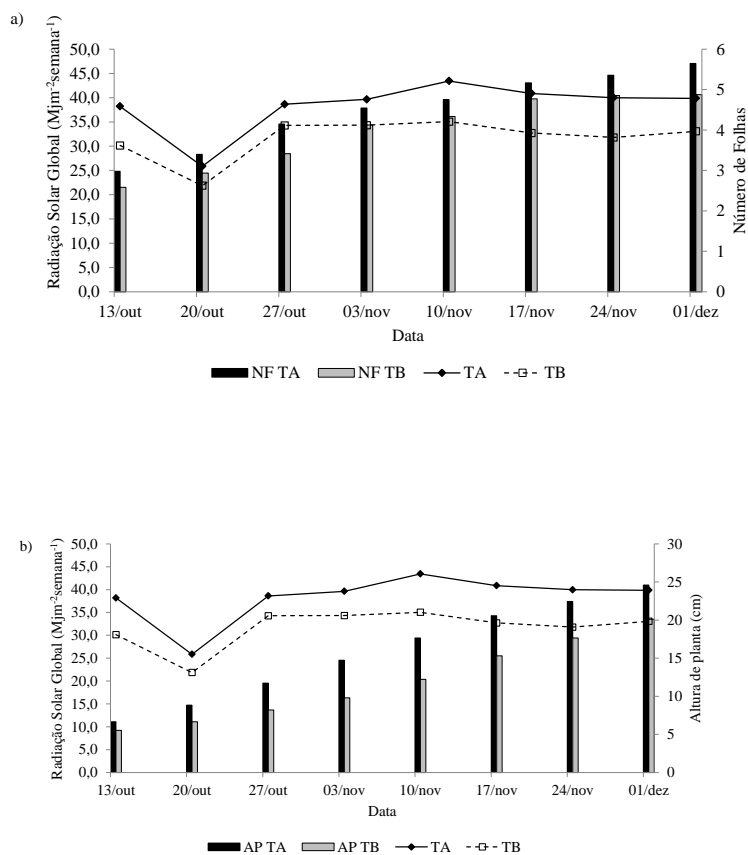


Figura 6. a) Radiação solar global semanal e número de folhas das plantas de cana-de-açúcar b) Radiação solar global semanal e altura de planta (cm) nos ambientes protegidos: TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB – Plástico leitoso + malha preta, Igarassú, PE, 2011.

As mudas sob TA apresentaram maior número médio de folhas, com efeito significativo ( $P < 0,05$ ), comparado às plantas do TB, para as três primeiras semanas de avaliação, 13/out, 20/out e 27/out (7, 14 e 21 dias após o plantio). No entanto, a partir da quarta semana de avaliação (28 dias após o plantio) até a sétima (49 dias após o plantio), não foi identificada diferença significativa entre as mudas submetidas ao TA e TB. Na última avaliação dia 01/dez (56 dias após o plantio), as plantas sob o TA, voltaram a apresentar número médio de folhas superior ( $P < 0,05$ ) àqueles encontrados no TB (Tabela 1).

As avaliações biométricas de altura das mudas apontaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre os materiais vegetais submetidos ao ambiente sob malha termorrefletora 50% (TA) e as mudas do ambiente sob a malha preta 50% (TB), em que se observam

valores de altura média superior nas mudas sob TA (Tabela 1) devido a maior disponibilidade de energia solar no TA. Santana et al. (2009), encontraram resultados semelhantes estudando o desempenho de cultivares de alface americana em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco, BA, constataram que as telas de sombreamento afetaram todos os parâmetros de crescimento da cultura, sendo que as plantas dos tratamentos termorrefletora, pleno sol e tela branca apresentaram melhores desempenhos da cultura inclusive altura das plantas, concordando com o obtido nesse trabalho, quando foi utilizada malha termorrefletora comparando-a com a malha preta.

Tabela 1. Número médio de folhas das mudas de cana-de-açúcar (NF), nos dois ambientes de produção e altura média das mudas de cana-de-açúcar - AP (cm), nos dois ambientes de produção, TA – Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB – Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Data	NF		AP (cm)	
	TA	TB	TA	TB
13/out	2,98 a	2,58 b	6,66 a	5,54 b
20/out	3,40 a	2,94 b	8,85 a	6,67 b
27/out	4,15 a	3,42 b	11,72 a	8,19 b
03/nov	4,54 a	4,13 a	14,73 a	9,79 b
10/nov	4,75 a	4,33 a	17,66 a	12,23 b
17/nov	5,17 a	4,77 a	20,57 a	15,32 b
24/nov	5,35 a	4,85 a	22,46 a	17,65 b
01/dez	5,65 a	4,88 b	24,61 a	20,12 b

Valores nas linhas, seguidos das mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si ( $P>0,05$ ), de acordo com o teste de Tukey.

### Comprimento e diâmetro de colmo

Os valores médios de comprimento e diâmetro dos colmos das mudas de cana-de-açúcar cultivadas nos diferentes ambientes protegidos (TA e TB) apresentaram valores que diferiram significativamente ( $P<0,05$ ) em todas as avaliações (7 a 56 dias após o plantio), com o registro de valores superiores para as mudas sob TA (Tabela 2).

Analisando os dados de radiação solar concomitantemente aos resultados encontrados para o comprimento e diâmetro dos colmos, observa-se que para o período total a média da radiação solar apresentou-se diferenciada para os dois ambientes sendo  $38,31 \text{ MJ m}^{-2}\text{semana}^{-1}$  para TA e  $31,65 \text{ MJ m}^{-2}\text{semana}^{-1}$  para TB com uma variação de  $6,66 \text{ MJ m}^{-2}\text{semana}^{-1}$  entre os ambientes. (Figura 7 a e b). Essa diferença interferiu no



comprimento e diâmetro dos colmos das mudas de cana-de-açúcar desde a primeira até a última semana de avaliação, sendo a radiação solar maior em TA para todas as avaliações. Na avaliação do dia 20/out (14 dias após o plantio) as mudas submetidas ao TA e TB, apresentaram crescimento de 70,14 e 52,84%, respectivamente, em relação aos dados de avaliação do dia 13/out (7 dias após o plantio), tendo as mudas do TA um crescimento de 21,3% a mais que as mudas de TB. A radiação solar neste dia de avaliação (20/out) foi de 25,86 e 21,87 MJ m<sup>-2</sup>semana<sup>-1</sup>, para TA e TB, respectivamente, com variação de 3,99 MJ m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> entre os ambientes e, apesar da menor diferença de disponibilidade de radiação solar entre os ambientes, nota-se sua importância no início da aclimatização das mudas, pois, foi neste período que ocorreu o maior percentual de crescimento dos colmos.

Comparando o desenvolvimento final do diâmetro dos colmos das mudas entre os dois ambientes, verifica-se que o maior diâmetro do colmo em TB (0,39 cm) foi alcançado no final do experimento (01/dez), ao passo que em TA observou-se valor desta ordem antes dos 42 dias após o plantio, que apresentou diâmetro de colmo de 0,40 cm (Tabela 02). Resultados similares foram encontrados por Costa (2004), em que mudas de cafeeiro produzidas em ambiente com malha termorrefletora 50% apresentaram maior média de diâmetro dos colmos, ao passo que condições de excesso de sombra ou de luminosidade prejudicaram o desenvolvimento das mesmas.

Tabela 2. Valor médio de comprimento do colmo das mudas de cana-de-açúcar – CC (cm), nos dois ambientes de produção e diâmetro de colmo das mudas de cana-de-açúcar - DC (cm), nos dois ambientes de produção, TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Data	CC (cm)		DC (cm)	
	TA	TB	TA	TB
13/out	1,70 a	1,00 b	0,11 a	0,08 b
20/out	2,89 a	1,53 b	0,15 a	0,13 b
27/out	5,08 a	2,51 b	0,22 a	0,18 b
03/Nov	6,78 a	3,96 b	0,29 a	0,23 b
10/Nov	7,82 a	5,16 b	0,34 a	0,28 b
17/Nov	9,00 a	7,11 b	0,40 a	0,32 b
24/Nov	9,82 a	8,15 b	0,46 a	0,35 b
01/dez	10,71 a	8,97 b	0,52 a	0,39 b

Valores nas linhas, seguidos das mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si (P>0,05), de acordo com o teste de Tukey.

A maior variabilidade foi observada para CC TA (Figura 7a) e DC TA (figura 7b), com diferença entre os valores extremos superiores a 6 cm e 0,15 cm respectivamente, enquanto para a CC TB e DC TB foi na ordem de 4 cm e 0,08 cm. Sendo assim o TA disponibilizou um microclima mais adequado á plantas onde cada uma pode expressar seu potencial de desenvolvimento e o TB por não oferecer um ambiente propicio as plantas apresentaram limitação no crescimento de colmo.

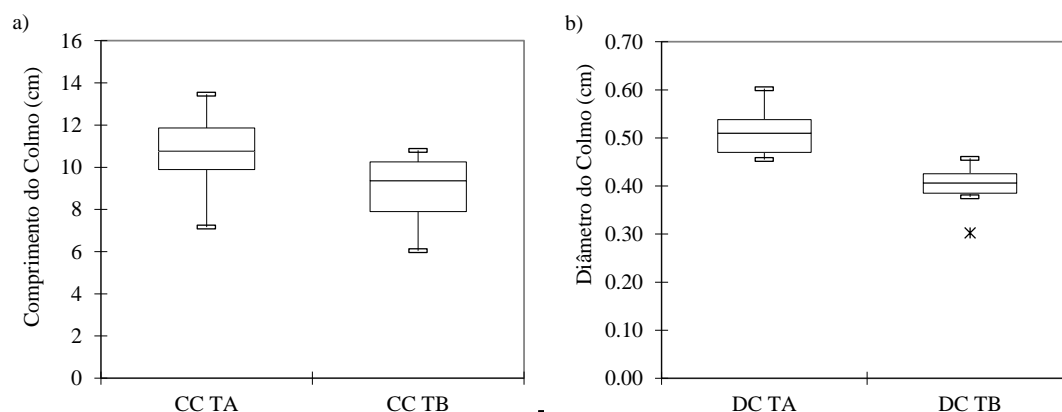


Figura 7. a) Comprimento de colmo (cm) ao final do experimento – CC b) Diâmetro de colmo (cm) ao final experimento – DC, nos ambientes protegidos: CC TA e DC TA - Plástico leitoso + malha termorrefletores e CC TB e DC TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

## Mortalidade

Quanto ao percentual de sobrevivência, as mudas submetidas ao TA apresentaram valor da ordem de 94%, com perdas da ordem de 6%. Este resultado foi superior quando se compara com as mudas do TB, que apresentou percentual de sobrevivência de 41,67% (Tabela 3). Behera e Sahoo (2009) obtiveram resultados inferiores ao TA, cerca de 85% de sobrevivência, após 30 dias de aclimatização; sendo esses percentuais, resultado da diferença genotípica em resposta às alterações de umidade e temperatura na aclimatização.

Tabela 3. Número de plantas mortas (NPM) e percentual de sobrevivência (%S) em cada semana de avaliação, nos dois ambientes de produção, TA - Plástico leitoso + malha termorrefletora e TB - Plástico leitoso + malha preta, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Data	TA		TB	
	NPM	%S	NPM	%S
13/out	14	98,92	137	89,43
20/out	36	97,22	323	75,02
27/out	52	95,99	514	60,34
03/nov	67	95,83	719	44,52
10/nov	78	93,98	756	41,67

### CONCLUSÕES

O ambiente protegido sob malha termorrefletora 50% propiciou os melhores resultados biométrico de desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar, em decorrência da maior disponibilidade de radiação solar neste ambiente de produção.

### REFERÊNCIAS

- BEHERA, K.K. & SAHOO, S. 2009. Rapid in vitro micro propagation of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv-Nayana) Through Callus Culture. **Nature and Science** (7) 4, Índia.
- COSTA, V. M. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes, sob malhas termo-refletoras e malha negra**. Piracicaba, 2004, 64p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- DEBERGH, P.C. & Read, P.E. Micropropagation. In: Debergh, P.C. & Zimmerman, R.H. (eds.). Micropropagation: Technology and Application. London, **Kluwer Acad. Publishers**, 1991. p. 1-13.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium*

SILVA NETO, S. P. O.

perenne L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 423-429, 1999.

GEORGE, E.F. **Plant propagation by tissue culture**. 2. ed., Edington: Exegetics, 1996. 1361 p. Part 2: In Practice.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A.(Eds.) **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa- CNPH, 1998. p. 183-260.

GRATTAPAGLIA, D., MACHADO, M. Micropropagação In: TORRES,A.C., CALDAS, L.S. (Eds.). **Técnicas e aplicações de cultura de tecidos de plantas**. Brasília : ABCTP/ EMBRAPA- CNPHortaliças, 1990.p. 99-169.

GUISELINI, C. ; SENTELHAS, P. C. ; PANDORFI, H. ; HOLCMAN, E. . Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.14 n<sup>o</sup>.6, 2010.

HARTMANN, H.T.; KERSTER, D.E.; DAVIES JR., F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. p.276-501.

KADLECEK, P. et al. Importance of *in vitro* pretreatment for ex vitro acclimatization and growth. **Plant Science**, Limerick, v. 161, p. 695 – 701, 2001.

LEE, T.S.G.; BRESSAN, E.A.; CÔRREA DA SILVA, A.D.; LEE, L.L. (2007) Implantação de biofábrica de cana-de-açúcar: riscos e sucessos. 16<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais. 3<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas. 1<sup>o</sup> Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas. Goiânia. 10-15 de setembro de 2007.

MEYER, L.; SEREK, M.; WINKELMANN, T. (2009). Protoplast isolation and plant regeneration of different genotypes of *Petunia* and *Calibrachoa*. **Plant Cell Tissue Organ Cult.** 99: 27-34.

OSVALDO NOGUEIRA DE SOUSA NETO; NILDO DA SILVA DIAS; ROBERTO TERUMI ATARASSI; JONATAS RAFAEL LACERDA REBOUÇAS; ANDRÉ MOREIRA DE OLIVEIRA. Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termorrefletoras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 84-90, out.-dez., 2010

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. & SENTELHAS, P. C. 2002. **Agrometeorologia. Fundamentos e aplicações práticas**. Livr. Edit. Agropecuária, Guaíba. 478 p.

PEREIRA, J. E. S., FORTES, G. L. R. Protocolo para produção de material propagativo de batata em meio líquido. **Pesquisa Agropecuária. bras.**, Brasília, v. 38, n.9, (2003) p. 1035-1043.

ROSS-KARSTENS, G. S.; EBERT, G.; LUDDERS, P. Influence of in vitro growth conditions on stomatal density, index and aperture of grape, coffee and banana plantlets. **Plant Tissue Culture and Biotechnology**, Rehovot, v. 4, p. 21-27, 1998.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, S. H. N. Desempenho de cultivares de alface americana em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco-BA. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.60-64, 2009.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GANELEVIN, R. Growing Aralia and Monstera under colored shade nets. **Olam Poreah July Issue**, v. 13, n.1, p. 60-62, 2002.

WIEDENFELD, B.; ENCISO, J. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semiarid south Texas. **Agronomy Journal**, v.100, n.3, p.665-671, 2008.

## CAPÍTULO II

### MANEJO DE MALHAS DE SOMBREAMENTO EM AMBIENTES PROTEGIDOS CULTIVADOS COM MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ACLIMATIZAÇÃO

#### RESUMO

A pesquisa foi realizada junto à área experimental da Usina São José, situada no município de Igarassú- PE, com o objetivo de caracterizar a radiação solar global e suas relações junto ao cultivo de mudas de cana-de-açúcar em ambientes protegidos com diferentes tipos de coberturas. O ambiente protegido foi coberto com plástico leitoso e dividido em dois ambientes, um contou com plástico leitoso associado à malha de sombreamento termorrefletora (50%) e o outro com plástico leitoso associado à malha de sombreamento preta (50%). As mudas de cana-de-açúcar utilizadas foram da variedade RB86-7515. Para a estimativa da área foliar, empregou-se método não destrutivo, em razão do número limitado de mudas por tratamento. Para caracterização do microclima nos ambientes protegidos foi realizado registros horários de dados meteorológicos utilizando-se sistema automático de aquisição de dados. Foram registrados dados de radiação solar global ( $Q_g$ ), temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) e umidade relativa do ar (UR%). A radiação solar interferiu diretamente na variável área foliar total, pois, o ambiente com malha termorrefletora apresentou maior valor de radiação solar global, o que favoreceu o desenvolvimento das plantas.

**Palavras chave:** cultivo protegido, microclima, radiação solar

## **SHADING MESH MANAGEMENT IN PROTECTED ENVIRONMENTS WITH CULTURED SEEDLINGS OF SUGARCANE IN ACCLIMATIZATION**

### **ABSTRACT**

The survey was conducted by the experimental area of Usina São José, in the municipality of Igarassú-PE, with the objective of characterizing the global solar radiation and its relationship with the seedling cultivation of sugarcane in protected environments with different types of roofs. The protected environment was covered with milky plastic and divided into two environments, a featured milky plastic associated shading mesh termorreflective (50%) and the other with milky plastic associated with black shading mesh (50%). The seedlings of sugarcane used were of the variety RB86-7515. Estimation of leaf area, employed non-destructive method, due to the limited number of seedlings per treatment. For characterization of microclimate in protected environments was held records times meteorological data using automatic data acquisition system. Solar radiation data were reported ( $Q_g$ ), air temperature ( $T_{ar}$ ) and relative humidity (RH). Solar radiation has interfered directly in the variable total leaf area, because the environment with termorreflective mesh presented greater value of global solar radiation, which favored the development of plants.

**Keywords:** protected cultivation, microclimate, solar radiation

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura bem adaptada às condições tropicais e subtropicais devido à alta disponibilidade de água, nutrientes e radiação (PARK et al., 2005; GILBERT et al., 2006; TEJERA et al., 2007). A multiplicação desta espécie é feita tradicionalmente por meio de estacas e algumas variedades não produzem sementes férteis (BELTRÃO et al., 2002).

Diante da importância singular da sacaricultura para a economia nacional, o emprego da técnica de micropropagação permite a obtenção de mudas de cana-de-açúcar de elevado padrão fitossanitário e fisiológico, mediante a formação de lavouras de alta qualidade com conseqüente aumento da produção.

O desempenho da muda micropropagada depende de aspectos tecnológicos laboratoriais e da fase de aclimatização, considerada crítica, uma vez que esta mudança ambiental implica em estresse fisiológico que pode resultar em grandes perdas do material micropropagado (LOCATELLI e LOVATO, 2002).

A fase de aclimatização é dividida em duas etapas, a primeira logo após a obtenção da plântula, pré-aclimatização, ainda em laboratório, com alta umidade e elevadas taxas de CO<sub>2</sub>, fase descrita por Silva et al. (1994). A segunda fase é a aclimatização propriamente dita, que ocorre em ambiente protegido.

O cultivo realizado em ambientes protegidos é uma das tecnologias que têm contribuído para a modernização da agricultura (MARY et al., 2007). O que ocorre no interior do ambiente protegido é a atenuação das variações extremas dos elementos meteorológicos, que são desfavoráveis as culturas (VASQUÉZ et al., 2005), como a redução da radiação solar incidente (BURIOL et al., 2005; BECKMANN et al., 2006), velocidade do vento (CARDOSO et al., 2008; CHAVARRIA et al., 2008), aumento da temperatura do ar, do solo e da umidade relativa do ar (HELDWEIN et al., 2001; REIS et al., 2009).

A criação de condições microclimáticas adequadas para as culturas no interior dos ambientes protegidos pode ser obtida por meio de diversas técnicas, em que as mais econômicas são aquelas que empregam o uso e a combinação de diferentes tipos de materiais de cobertura, a fim de controlar a radiação solar incidente no interior do ambiente protegido (GUISELINI et al., 2010).

Dentre os diferentes materiais de cobertura, a malha termorrefletora é uma das que apresenta os melhores resultados, quando comparada às outras telas de sombreamento, pois, além de reduzir a transmissão de radiação solar, afeta à



SILVA NETO, S. P. O.

temperatura de forma diferenciada, reduzindo a amplitude térmica. LEITE et al. (2008) salientam que as malhas metalizadas por alumínio em ambas as faces (termorrefletoras), promovem a conservação de energia no ambiente e reflexão de parte da energia solar. Os fios retorcidos promovem a difusão da luz, aumentando assim, a eficiência de captura de energia pelas plantas e, conseqüentemente, a eficiência da fotossíntese.

As malhas termorrefletoras 40 e 50% proporcionaram melhores condições microclimáticas para o desenvolvimento da cultura da alface (cv. Crespa Olinda), pois as plantas cultivadas sob estas, expressaram melhores características de comercialização (SOUSA NETO, 2010). Resultados semelhantes foram conseguidos por Costa (2010), que em ambiente protegido com malha aluminizada 50% sob a cobertura, propiciou o maior acúmulo de biomassa, promovendo melhores condições ambientais para o desenvolvimento do maracujazeiro-amarelo.

SEABRA JÚNIOR et al. (2009) num estudo com alface tipo crespa obteve maior produção sob malhas de sombreamento termorrefletora 50%. Pereira (2010) aponta que dentre os tratamentos com malhas de sombreamento, a malha aluminizada foi o que mais se destacou.

Em experimento realizado em ambientes protegidos cultivados com gérbera, em Piracicaba, SP, avaliando diferentes tipos de cobertura, Guiselini et al. (2004b) verificaram que as malhas termorrefletora e preta, quando associadas ao plástico leitoso apresentaram transmitâncias médias da radiação solar, da ordem de 11 e 7%. A associação com malha preta, por atenuar mais a radiação solar resultou em maior altura de planta e menor emissão de botões florais de gérbera. Neste experimento os autores notaram que o uso da malha preta não foi satisfatório comparando-o ao uso da termorrefletora.

Diante do exposto objetivou-se com este trabalho caracterizar a radiação solar global e suas relações junto ao cultivo de mudas de cana-de-açúcar em ambientes protegidos com diferentes tipos de coberturas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada junto à área experimental da Usina São José, situada no município de Igarassú - PE, rodovia PE-41, Km 10,3, situada a 50 km da cidade do

SILVA NETO, S. P. O.

Recife, com latitude de  $7^{\circ}48'37,32''$ S, longitude de  $34^{\circ}59'49,23''$  O e altitude de 34 m. (Figura 1). O período experimental foi de 60 dias, de 06/10 a 06/12/2011.



Fonte: Google, 2011.

Figura 1. Localização da área experimental.

A Figura 2 apresenta as características climáticas da região onde o experimento foi conduzido, com a temperatura máxima entre  $32,8$  e  $28,9$  °C, a mínima entre  $23,3$  e  $18$  °C, a média entre  $27,9$  e  $23,5$  °C e a precipitação entre  $63$  e  $274,1$  mm (normais climatológicas). O clima da região é caracterizado com megatérmico (As) com precipitação de inverno e estação seca do verão até o outono, segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2002).

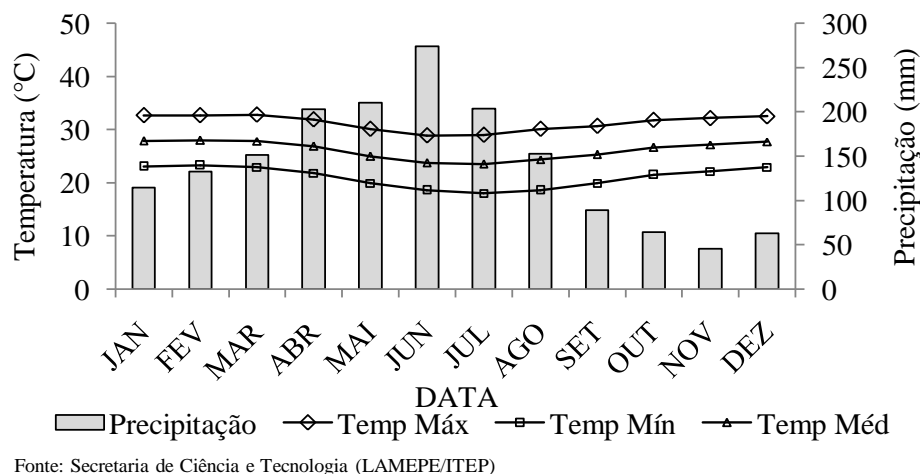


Figura 2. Dados médios de temperatura máxima, média e mínima do ar e precipitação para o município de Goiana-PE, no período de 1980 a 2011.

O ambiente protegido que foi utilizado possui as seguintes dimensões e características construtivas: 12,8 m de largura, 48,0 m de comprimento, 3,5 m de pé direito e 5,5 m de altura total, cobertura modelo arco, coberto por filme agrícola de polietileno, com vedação lateral de malha preta.

O ambiente protegido foi coberto com plástico leitoso e dividido em dois ambientes, um contou com plástico leitoso associado a malha de sombreamento termorrefletora (50%) instalada junto a superfície interna do plástico leitoso e o outro com plástico leitoso associado a malha de sombreamento preta (50%) instalado na altura do pé-direito, constituindo-se assim dois tratamentos TA e TB, respectivamente ( Figura 3).



Figura 3. Vista internados ambientes protegidos: a) TA - plástico leitoso + malha de sombreamento termorrefletora (50%) instalada junto da superfície interna do plástico leitoso e b) TB - plástico leitoso + malha de sombreamento preta (50%) instalado na altura do pé direito.

SILVA NETO, S. P. O.

As mudas de cana-de-açúcar da variedade RB86-7515 foram adquiridas em parceria com o Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE), cultivadas num período de 60 dias. O plantio (06/10) se deu em tubetes preenchidos com substrato comercial especializado para mudas de cana-de-açúcar. O material vegetal utilizado foi micropropagados em biorreator de imersão temporária (BIT) com tamanhos uniformizados e com presença de sistema radicular.

Para a estimativa da área foliar, empregou-se método não destrutivo, em razão do número limitado de mudas por tratamento. A fim de se preservar a integridade das plantas. Mediu-se, semanalmente, o comprimento (C) e largura das folhas (L) e contou-se o número de folhas. Para tais determinações, foram avaliadas quatro amostras (tubetes) por bandeja de cada ambiente protegido (tratamento), sendo 2 tratamentos com 12 bandejas cada, totalizando 96 tubetes avaliados no experimento (Figura 4).

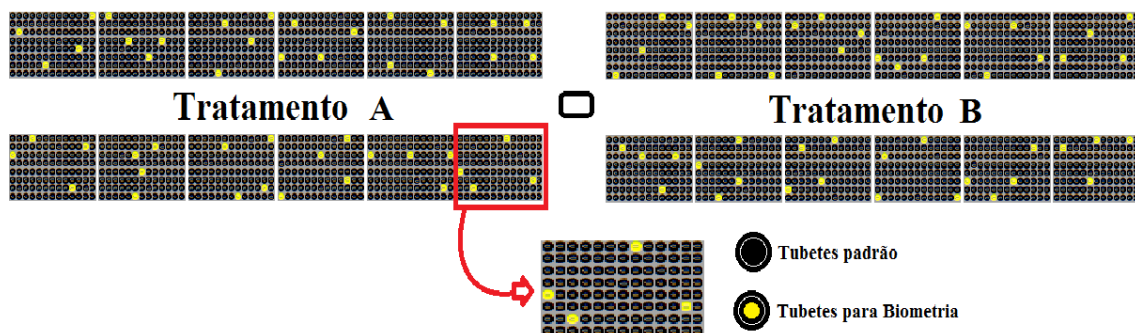


Figura 4. Disposição das bancadas, bandejas e tubetes nos tratamentos A e B, com destaque para os tubetes utilizados na biometria das plantas.

A área estimada das folhas ( $A_{f_{estimada}}$ ) foi então calculada como sendo o produto entre as duas dimensões – comprimento (C) e largura (L) e um fator de forma (f), como segue na eq. (1):

$$A_{f_{estimada}} = f * C * L \quad (1)$$

O fator de forma para a correção da área foliar foi igual 0,75, recomendado por Oliveira et al., 2007. Sendo assim, a área foliar por tubete ( $A_{ft}$ ) foi calculada pela seguinte relação (eq. 2):

$$A_{ft} = A_{f_{estimada}} * NF \quad (2)$$

em que: NF - número de folhas por tubete.

Para avaliar e caracterizar o microclima dos ambiente protegidos foi realizado registros contínuos de dados meteorológicos em cada ambiente, utilizando-se sistema automático de aquisição de dados. Foram registrados dados de radiação solar global ( $Q_g$ ), temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) e umidade relativa do ar ( $UR\%$ ). Todos os sensores foram instalados no centro de cada ambiente a uma altura de 1,50 m (Figura 5)

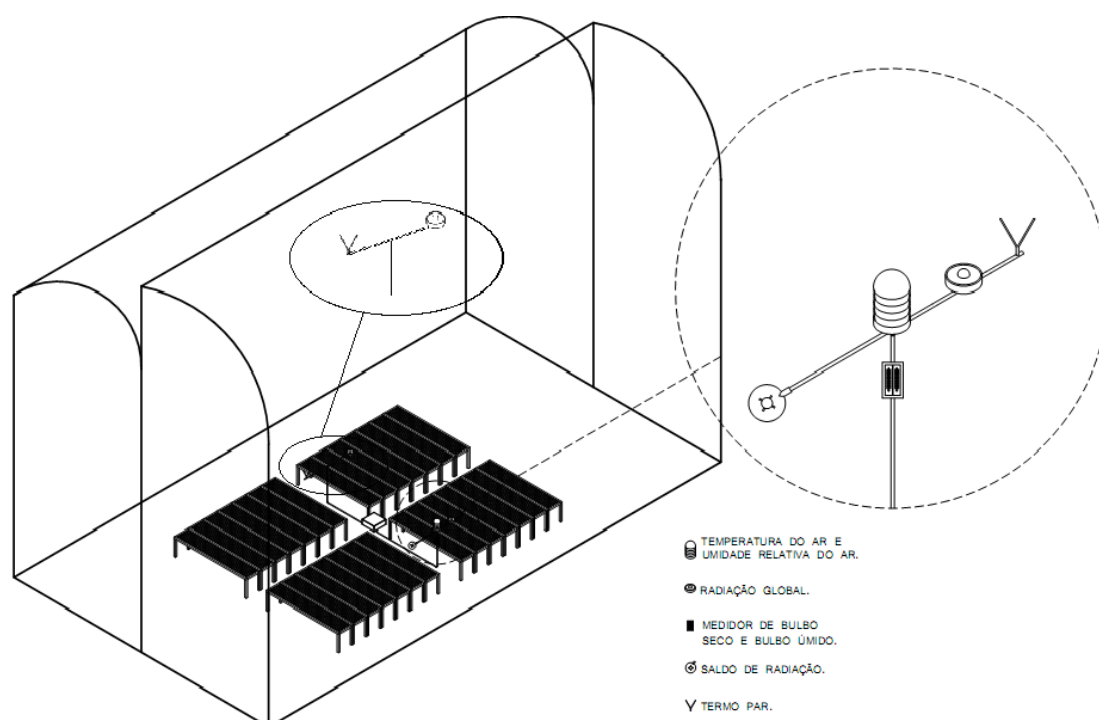


Figura 5. Representação esquemática da distribuição dos sensores dentro do ambiente protegido.

No ambiente externo, além da estação meteorológica da cidade de Goiana-PE, foi registrado dados de  $T_{ar}$  e  $UR\%$  por meio de sistema automático de aquisição de dados disposto no interior de abrigo meteorológico localizado a 40 m do ambiente protegido (Figura 6).



Figura 6. Abrigo para o sensor de Tar e UR% externo, localizado a 40 m de distância do ambiente protegido.

Para a análise dos dados de área foliar foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) e o teste de Tukey para comparação entre as médias.

A partir dos dados de radiação solar global ( $Q_g$ ) obtidos nos dois ambientes e externamente, foram determinadas as variações diárias, ao longo de todo o período e comparadas aos valores de área foliar das mudas submetidas a cada ambiente.

O efeito das coberturas foi avaliado considerando-se a temperatura e a umidade relativa do ar, comparando-se os dados registrados nos ambientes protegidos com aqueles medidos externamente, levando-se em consideração os valores médios a cada 15 min. Neste caso foram determinadas as diferenças médias dos valores registrados entre os dois ambientes e a condição externa, assim como a relação entre elas, que foi estabelecida por análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Radiação solar global

A Figura 7 apresenta os valores médios de radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{semana}^{-1}$ ) obtidos nos ambientes estudados, ao longo de todo o período e comparadas aos valores de área foliar (*aft*) submetidas a cada ambiente. Nota-se que os valores de

radiação global são sensivelmente inferiores no ambiente onde se utilizou a associação de plástico leitoso com malha preta (TB) em relação aos obtidos no ambiente submetido ao plástico leitoso associado à malha termorrefletora (TA). Já os valores de *aft* apresentaram-se extremamente maiores no TA em comparação ao TB. Santana et al. (2009), trabalhando com alface encontraram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho. Gautier et al. (1999) também trabalhando com alface observaram que plantas sombreadas com malha negra tiveram seu crescimento reduzido quando comparada a malha termorrefletora evidenciando que a ação do excesso de sombreamento sobre os processos fisiológico da cultura que, reduz o fluxo fotossintético e, conseqüentemente, o crescimento das mudas como repostas das plantas a redução da radiação. Outros autores em pesquisas com diferentes culturas concluíram que no ambiente protegido com tela termorrefletora, ocorreram às maiores plantas com maior número de folhas. (GUISELINI et. al., 2010; COSTA et. al., 2011)

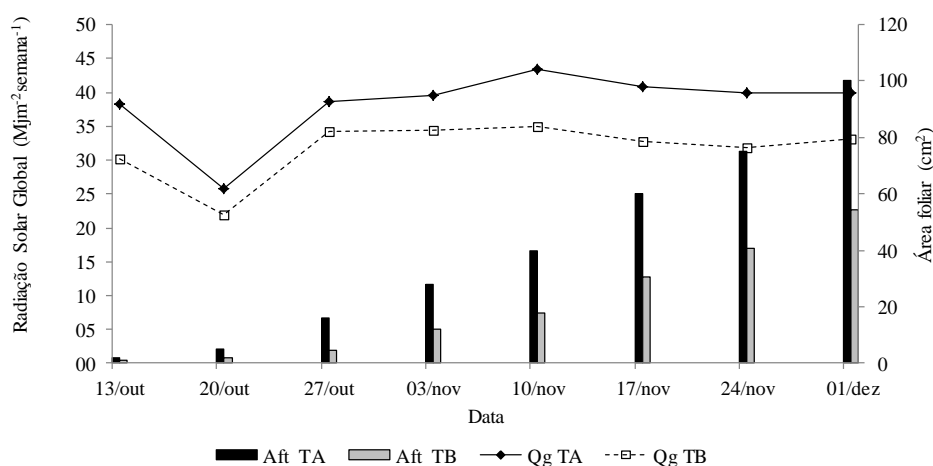


Figura 7. Variação semanal da radiação solar global e da altura de planta no ambiente com malha termorrefletora (TA) e malha preta (TB).

A Figura 8 apresenta os valores médios diários de radiação solar global (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) obtidos nos ambientes estudados e no ambiente externo. Observa-se que os valores são sensivelmente menores no interior do ambiente protegido em comparação ao ambiente externo. Isso se deve à reflexão e à absorção promovidas pela cobertura plástica, que diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido e também pelo uso das malhas de sombreamento (PEREIRA et al., 2002; GUISELINI et al., 2010).

Nota-se que no ambiente com malha termorrefletora o valor médio de radiação solar global foi da ordem de 5,38 MJ m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> e no ambiente com malha preta de 4,45 MJ

SILVA NETO, S. P. O.

$\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ , sendo que o valor médio registrado no ambiente externo foi de  $18,51 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$  (Figura 8). Tendo então o TA proporcionado melhores condições de difusão e acúmulo da radiação solar dentro do ambiente protegido, sendo o ambiente que obteve um valor médio de radiação mais próximo ao estabelecido pela FAO, para aclimatização de mudas de cana-de-açúcar que é de  $8,4 \text{ MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ .

Em geral, filme plástico, sem associação com malha de sombreamento, apresenta transmitância da ordem de 70 a 80% da radiação solar global incidente. No presente estudo, utilizando-se o plástico leitoso associado à malha termorrefletores (TA) e associação com malha preta (TB), obteve-se maior atenuação da radiação solar global, com valores aproximados de transmitância da ordem de 29 e 24%, respectivamente, devido não só à atenuação pela cobertura plástica, mas também ao sombreamento promovido pelas malhas, corroborando a afirmação de Baille (2001) de que a redução da radiação solar no interior de ambientes protegidos é intensificada com o uso de malhas de sombreamento.

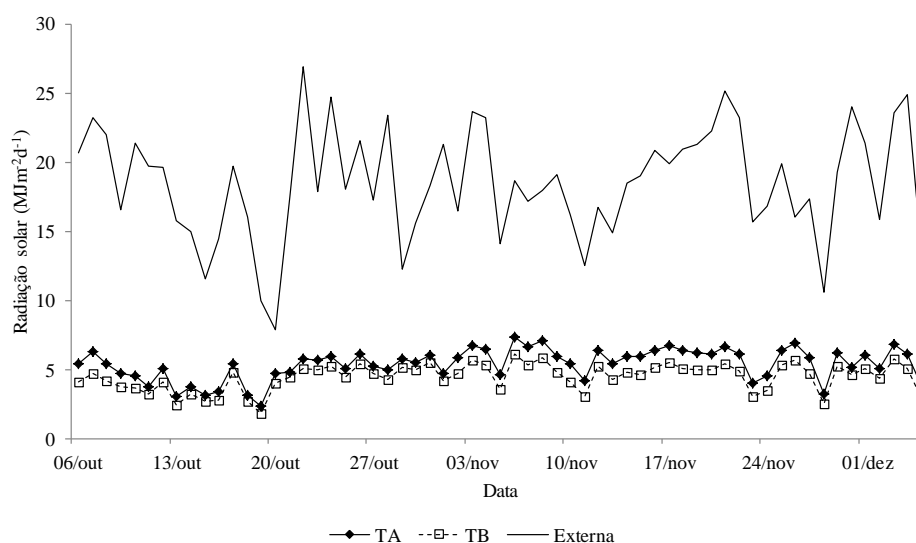


Figura 8. Variação diária da radiação solar global nos ambientes protegidos: TA - Plástico leitoso + malha termorrefletores, TB - Plástico leitoso + malha preta e ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Na Figura 9 são apresentados os valores da temperatura média diária do ar no ambiente protegido e no ambiente externo, em que se verifica que mesmo sendo o balanço de energia no interior do ambiente protegido menor do que no ambiente externo, a cobertura plástica atua como barreira física, retendo energia no ambiente protegido e promovendo o acúmulo de ar quente e de vapor d'água, o que promoveu



SILVA NETO, S. P. O.

valores de temperatura média do ar sempre superiores ao ambiente externo, concordando com resultados obtidos por Guiselini e Sentelhas (2004) e Sousa et al. (2005).

A temperatura do ar ( $\Delta T_{ar}$ ) registrada no interior do ambiente protegido e no ambiente externo foi bastante semelhante, os dois ambientes diferem em apenas 0,44 °C. O ambiente interno teve uma temperatura média de 26,28 °C, ficando dentro dos limites estabelecidos pela FAO que é de 15 a 25 °C, já o ambiente externo apresentou 25,84 °C temperatura média um pouco acima do limite estabelecido pela FAO, concordando com Holcman & Sentelhas (2006) em experimento com bromélias e discordando de Santos et al. (2010) em experimento com alface lisa cultivada em diferentes telados de sombreamento e campo aberto.

Cabe ressaltar que as variáveis temperatura e umidade relativa do ar entre os dois ambientes interno não diferenciaram, como esperado, pois não havia uma separação física entre os mesmos, proporcionando assim uma mistura homogênea da massa de ar entre os dois ambientes e não demonstraram relação direta com o desenvolvimento das plantas, devido a semelhança nos registros.

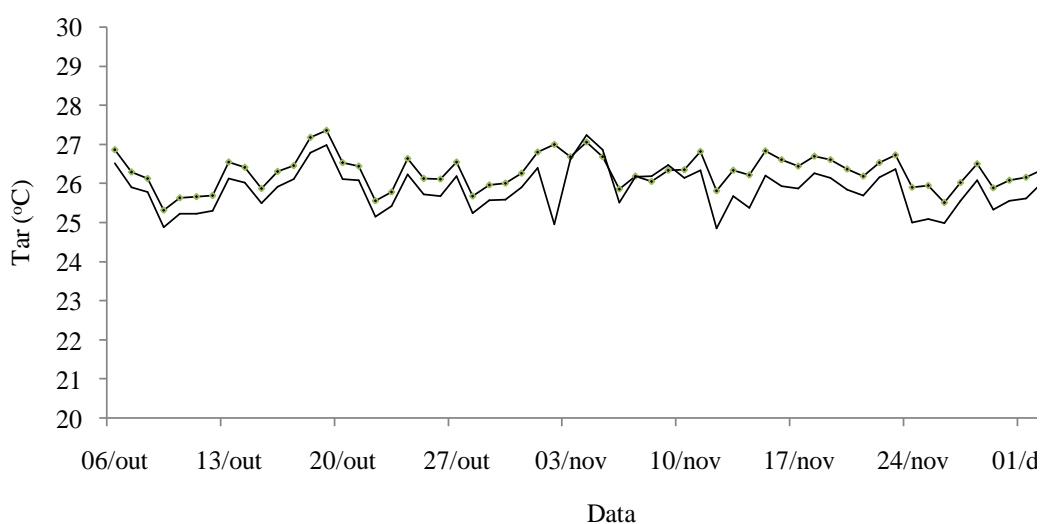


Figura 9. Temperatura média diária do ar no ambientes protegido e no ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Verifica-se que durante o período experimental, o valor da umidade relativa média do ar no interior do ambiente protegido foi ligeiramente inferior ao observado no ambiente externo, discordando com resultados obtidos por Guiselini (2006). A UR

SILVA NETO, S. P. O.

máxima foi a que apresentou maior diferença entre o ambiente externo e o ambiente protegido, foi igual a 2,54%, efeito este, também observado por Sousa (2005). A UR mínima foi a que apresentou valores mais próximos aos registrados nos ambientes interno e externo. Já os valores da UR média registrados revelaram um  $\Delta UR$  da ordem de 1,69% (Tabela 1).

Tabela 1. Umidade relativa máxima, média e mínima do ar no ambiente protegido e no ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

UR%	Amb. Protegido	Amb. Externo	Varição
	UR%	UR%	$\Delta UR\%$
Mám.	85.73	88.27	-2.54
Méd.	77.58	79.27	-1.69
Mín.	67.56	69.18	-1.62

Analisando a Figura 10 e correlacionando-a com a Figura 9, nota-se que a umidade relativa média do ar por apresentar valores dependentes aos valores de temperatura, apresentou variações inversas à temperatura média. (SEEMANN, 1979, TANAKA; GENTA, 1982; FARIAS et al., 1993).

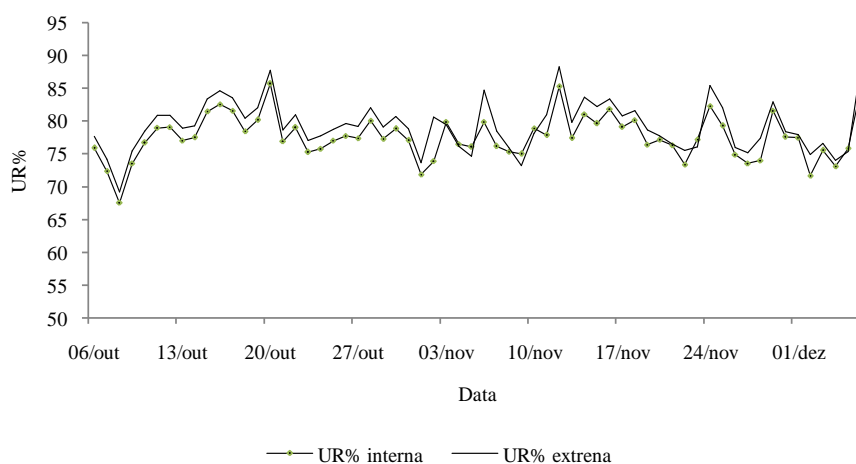


Figura 10. Umidade relativa do ar no ambiente protegido (UR% interna) e no ambiente externo (UR% externa), durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

Como visto anteriormente nas Figuras 9 e 10, pode-se notar que as malhas de sombreamento não interferem diretamente sobre a temperatura e umidade relativa do ar,

SILVA NETO, S. P. O.

pois, os valores médios desses fatores meteorológicos, praticamente não apresentaram diferenças entre o ambiente protegido e o ambiente externo.

A Figura 11a apresenta a relação entre a temperatura do ar do ambiente protegido e a temperatura do ambiente externo. Na Figura 11a e 11b são apresentadas as relações entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar externa e internamente ao ambiente protegido respectivamente.

Nota-se que os coeficientes de determinação são elevados ( $R^2 > 0,94$ ), o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente protegido foram superiores em 1% e 5%, respectivamente, em relação ao ambiente externo (Figura 11 a e b).

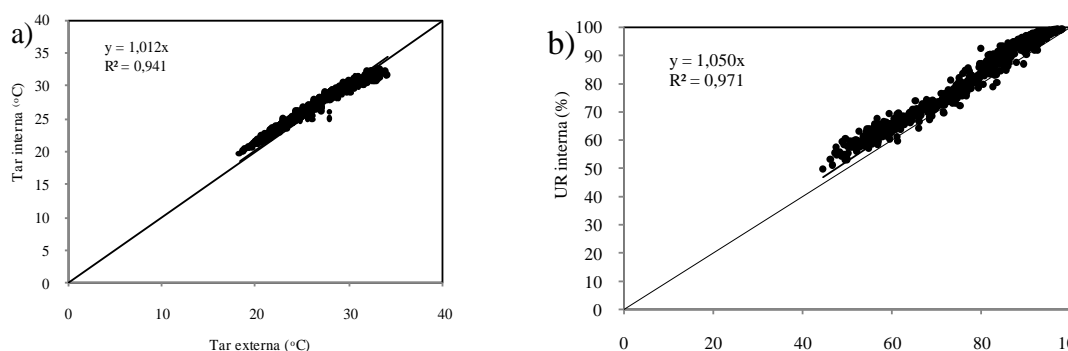


Figura 11. a) Relação entre a temperatura do ar no ambiente protegido e ambiente externo e b) relação entre a umidade relativa do ar no ambiente protegido e ambiente externo, durante o período avaliado. Igarassú, PE, 2011.

## CONCLUSÕES

A radiação solar interferiu diretamente na variável área foliar total, pois, o tratamento A (plástico leitoso + malha termorrefletora) apresentou um maior valor de radiação solar global, o que favoreceu o desenvolvimento das plantas.

**REFERÊNCIAS**

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. DE; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.86-92, 2006.

BELTRÃO, N. E. DE M.; FIDELES FILHO, J.; FIGEUIRÊDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.547-552, 2002.

BURIOL, G. A.; LAGO, I.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ANDRIOLO, G. L. Disponibilidade de radiação solar para hortaliças cultivadas em ambiente protegido no período invernal no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.1, p.21-26, 2005.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; FELIPPETO, J.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S.; FIALHO, F. B. Relações hídricas e trocas gasosas em vinhedo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.4, p.1022-1029, 2008.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. DOS; MANDELLI, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.441-447, 2008.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; MESQUITA, V. G. DO A.; SASSAQUI, A. R. Efeitos do Organosuper<sup>®</sup> e do ambiente protegido na formação de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, vol.31 no.1 Jaboticabal Jan./Feb. 2011

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; SASSAQUI, A. R.; GOMES, V. DO A. Doses de composto orgânico comercial na composição de substratos para a produção de mudas de maracujazeiro em diferentes tipos de cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, vol.30 no.5 Jaboticabal Sept./Oct. 2010.

SILVA NETO, S. P. O.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED STATES. Statistical databases. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 19 mai. 2011.

PEREIRA, F. H. F.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; CECON, P. R.; AQUINO, L. A. DE. Produção e qualidade de frutos de melões amarelo e charentais cultivados em ambientes sombreados. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, vol.14 no.9 Campina Grande Sept. 2010.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 423-429, 1999.

GILBERT, R. A.; SHINE JR., J. M.; MILLER, J. D.; RAINBOLT, C. R. The effect genotype, environmental and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.95, p.156-170, 2006.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; OLIVEIRA, R. C. DE. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido II: Efeito na radiação solar global e fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.19-26, 2004b.

GUISELINI, C. ; SENTELHAS, P. C. ; PANDORFI, H. ; HOLCMAN, E. . Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.14 n<sup>o</sup>.6,Campina Grande 2010.

HOLCMAN, ESTER.; SENTELHAS, P. C. . Crescimento e desenvolvimento de bromélias em ambiente protegido, cobertos com PEBD e diferentes malhas de sombreamento. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis. A meteorologia a serviço da sociedade. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006. v. 1.

SILVA NETO, S. P. O.

HELDWEIN, A. B.; DALMAGO, G. A.; STRECK, L.; TAZZO, I. F.; TRENTIN, G. Utilização do evaporímetro de Piche exposto á radiação solar para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.213-217, 2001.

LEITE, C. A.; ITO, R. M.; LEE, G. T. S.; GANELEVIN, R.; FAGNANI, M. A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, v.770, p.177-184, 2008.

LOCATELLI, L. M.; LOVATO, P. E. Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta- enxertos de macieira micropropagados. **Pesq. Agropecuária brasileira**, Brasília, v.37, n.2, (2002) p. 177-184.

MARY, W.; KENMOCHI, C. S.; COMETTI, M. N.; LEAL, P. A. M. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n.1, p.100-109, 2007.

OLIVEIRA, R. A. DAROS, E.; N, ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. DA S.; ATARASSI, R. T.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. DA. Produção de alface hidropônica e microclima de ambiente protegido sob malhas termorrefletoras. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 23, n. 4, p. 84-90, out.-dez., 2010

PARK, S. E.; ROBERTSON, M.; INMAN-BAMBER, N. G. Decline in the growth of a sugarcane crop with age under high input conditions. **Field Crops Research**, v. 92, p.305-320, 2005.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

SILVA NETO, S. P. O.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L. DE; AZEVEDO, C. A. V. DE. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.289-296, 2009.

SANTOS LL; SEABRA JUNIOR S; NUNES MCM. 2010. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 8: 83- 93.

SEABRA JUNIOR S; SOUZASBS; THEODORO, V. C. A.; NUNES, M. C. M.; AMORIN, R. C.; SANTOS, C. L.; NEVES, L. G. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, 27: 3171-3176. 2009.

SILVA, A. T.; PASQUAL, M.; ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. R. C. Influência da espécie, desfolha e ambiente na aclimação de plântulas produzidas “*in vitro*”. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 280-285, jul/set.1994.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, v.102, p.64-72, 2007.

VASQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S.; SILVA, C. R. DA. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.1, p.137-143, 2005.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os estudos realizados indicaram que o ambiente protegido sob malha termorrefletora 50% propiciou maior disponibilidade de radiação solar para as mudas dispostas sobre este ambiente de produção, obtendo então o tratamento A os melhores resultados biométrico de desenvolvimento das mudas de cana-de-açúcar, em decorrência desta radiação.

A área foliar das mudas de cana-de-açúcar sofreu interferência direta da radiação solar, pois, o tratamento A (plástico leitoso + malha termorrefletora) apresentou um maior valor de radiação solar global, o que favoreceu o desenvolvimento das plantas, tendo este tratamento conseqüentemente um maior índice de área foliar.



## 5. REFERÊNCIAS

AAMMIR ALI, S. N., SIDDIQUI, F. A., IQBAL, J. **An Efficient protocol for large scale production of sugarcane through micropropagation.** Pak J. Bot. (2008) p. 139-149.

AGRIANUAL 2010. **Anuário estatístico da agricultura brasileira.** São Paulo: FNP consultoria e comércio, 2010.p.239-242.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JR., M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, U. **Condições climáticas para a cana-de-açúcar.** In: **PARANHOS, S.B. (Coord.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 42-55.

ALI, M. B.; SINGH, N.; SHOHAEL, A. M.; HAHN, E. J.; PAEK, K. Y. Phenolic metabolism and lignin synthesis in root suspension cultures of *Panax ginseng* in response to copper stress. **Plant Science**, v.171, (2006) p.147-154.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas.** Santa Maria. UFSM, 1999. 142p.

ANITA, P.; JAIN, R.K.; SEHRAWAT, A.R AND. PUNIA, A. Efficient and cost-effective micropropagation of two early maturing varieties of sugarcane (*Saccharum* spp.). **Indian Sugar**, 50: (2000).p.611-618.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE, A. P. de; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p. 152-157, 2009.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Anuário da indústria automobilística brasileira. 2010. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 25 set. 2010.

SILVA NETO, S. P. O.

ATARASSI, R.T. **Modelagem do microclima em ambiente protegido**. Piracicaba, 1999. 96p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BANDEIRA, F. S.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; LANI, E. R. G. Aclimatização ex vitro de plantas propagadas pela enxertia in vitro de clones de *Eucalyptus urophylla* X *E. grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.31, n.5, (2007) p.773-781

BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UESB, Vitória da Conquista – BA, 2005.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. de; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.86-92, 2006.

BERDING, N.; HURNEY, A.P.; SALTER, B.; BONNETT, G.D. Agronomic impact of sucker development in sugarcane under different environmental conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 203-217, 2005.

BERED, F.; SERENO, M. J. C. M.; CARVALHO, F. I. F. DE; LANGE, C. E.; HANDEL, C. L.; DORNELLES, A. L. C. Regeneração de plantas de aveia a partir de calos embriogênicos e organogênicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, (1998) p.1827-1833.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 7. Ed. Viçosa – MG: Imprensa Universitária, 2005, 611 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Balanço nacional da cana-de-açúcar e da agroenergia. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU\\_LATERA/PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU_LATERA/PDF). Acesso em: 20 fev. 2011. Agricultura. Links: Cana-de-açúcar e agroenergia: estatística.

SILVA NETO, S. P. O.

BRAY, S.C. **A cultura da cana-de-açúcar no Vale do Paranapanema**. 1980. 170 p. Tese (Doutorado em História) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J. L.; MEDEIROS, S. L. P. Modificações na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, p.43-49, 1993.

BURIOL, G. A.; LAGO, I.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ANDRIOLO, G. L. Disponibilidade de radiação solar para hortaliças cultivadas em ambiente protegido no período invernal no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.1, p.21-26, 2005.

CAMACHO, M. J.; ASSIS, F. N. de; MARTINS, S. R.; MENDEZ, M. E. G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.3, p.19-24, 1995.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MA, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos; MANDELLI, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.4, p.441-447, 2008.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; FELIPPETO, J.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S.; FIALHO, F. B. Relações hídricas e trocas gasosas em vinhedo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.4, p.1022-1029, 2008.

COCKSHULL, K.E. Crop environment. *Acta Horticulturae*, n.312, p.77-85, 1992.

CUQUEL, F. L.; LEITE, C.; DINIZ, G.; ROSA, O. A. D. Produção de plantas de jardim em ambiente protegido com sombreamento por malhas que mudam o espectro solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 14, 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/ FAEPE, 2003. p.381.

SILVA NETO, S. P. O.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.15-27, 2003.

DEBERGH, P. C. Acclimatization Techniques of Plants from *in vitro*. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 289, p. 291-300, 1991.

DELLA VECCHIA, M. G. S.; ROSA, D. D.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; RIBEIRO, A. Dinâmica temporal e espacial da begomovirose causada por Tomato yellow vein streak vírus em tomateiro na região de Campinas-SP. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.4, p.388-396, 2007.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994 (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

ERIG, C.A.; SCHUCH, M.W. Estabelecimento *in vitro* de plantas de marmeleiro (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivares MC, Adans e Portugal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.8, n.2, 2003.

ESPI, E.; FONTECHA, A.; GARCIA, Y.; REAL, A. I. Plastic films for agricultural applications. **Journal of Plastic Film and Sheeting**. 2006. 22: 2, 85-102. 23 ref.

FAGNANI, M. A.; LEITE, C. A. Produção de copo-de-leite colorido, *Zantesdeschia* sp. em telado de malha termorrefletora e foto conversora vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 14.; CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDO DE PLANTAS, 1., 2003, Lavras. **Anais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF UNITED STATES. Statistical databases. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 19 mai. 2011.

FAO. Acesso em: 2011. Disponível em: <http://apps.fao.org>.

SILVA NETO, S. P. O.

FARIAS, J. R., BERGAMASCHI, H., MARTINS, M. A. B., OLIVEIRA, A. C. B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, .1, p.51-62, 1993.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M. A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, p.31-36, 1993.

FELTRIM, A. L.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BRANCO, R. B. F.; BARBOSA, J. C.; SALATIEL, L. T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.505-509, 2005.

FIGUEIREDO, P. **Breve história da cana-de-açúcar e do papel do instituto agrônomo no seu estabelecimento no Brasil**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A.C M. de; ANDRADELANDELL, M. G. DE. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 31-41.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J.; GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO<sub>2</sub> concentration. **New Phytologist**, v.172, p.73-82, 2006.

FOLEGATTI, M.V.; SCATOLINI, M.E.; PAZ, V.P.S.; PEREIRA, A.R.; FRIZZONE, J.A. Efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura do crisântemo em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.2, p.155-163, 1997.

FRITSCHEN, L. J., GAY L. W., 1979: **Environmental instrumentation**. Springer, New York, 216 pp.

FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambientes protegidos**. Piracicaba, 2001. 146p. Tese

SILVA NETO, S. P. O.

(Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. **Balço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro**. *Bragantia*, v.60, n.2, p.139-147, 2001.

J. C. GARNAUD (2000), **Plasticulture magazine: a milestone for a history of progress in plasticulture**, en *Plasticulture* 119, 30-43.

GEORGE, E.F. **Plant propagation by tissue culture**. 2. ed., Edington: Exegetics, 1996. 1361 p. Part 2: In Practice.

GOLDEMBERG, J. **Ethanol for a sustainable energy future**. *Science*, Washington, v. 315, p. 808-810, 2007.

GUGUMUS, F. **Aspects of the impact of stabilizer mass on performance in polymers 2. Effect of increasing molecular mass of polymeric HALS in PP**. Elsevier, v. 67, Issue 2, 1 February 2000, Pages 299 – 311.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido I: efeito na temperatura e na umidade do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2004a.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; OLIVEIRA, R. C. de; PRELA, A. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido III: efeito sobre o crescimento e a produção comercial da gerbera jamesoni. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 27-34, 2004b.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termorrefletora, instalada externa e internamente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, p. 157-162, 2007.

SILVA NETO, S. P. O.

GUISELINI, C. ; SENTELHAS, P. C. ; PANDORFI, H. ; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.14 n<sup>o</sup>.6, 2010.

GUSMÃO, M. T. A; GUSMÃO, S. A. L.; ARAÚJO, J. A. C. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.4, p.431-436, 2006.

HANAN, J. **Greenhouse: advanced technology for protected horticulture**. Boca Raton: CRC Press, 1998. 242 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Plant propagation principles and practices**. 2. ed. **Englewood Cliffs**, New Jersey: Prentice-Hall, (1968) p.702.

HENDRE, R.R. **Rapid multiplication of sugarcane by tissue culture**. **Sugarcane**. (1983) p.5-8.

INMAN-BAMBER, N.G.; KIKER, G. **DSSAT/CANEGRO 3.10: DSSAT version 3.1 1998 Distribution Software DSSAT/CANEGRO 3.10. DSSAT version 3.1**. Honolulu: University of Hawaii, Honolulu, 1998.

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SPILLMAN, M.F.; HEWITT, M.L.; JACKSON, J. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.13-26, 2008.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.

JAMES, G. **Sugarcane**. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2004. 216 p.

SILVA NETO, S. P. O.

JONES, H.G. **Plants and microclimate**. 2nd ed. Cambridge: University Press, 1992. 428 p.

KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.73, p.341-351, 1999.

KRIKORIAN, A.D **Propagación clonal in vitro**. In: ROCA, W.M. E MROGINSKI. L.A., (Ed.). **Cultivo de tejidos en al agricultura: fundamentos y aplicaciones**. Cali, CIAT.(1991) p.95-25.

LAVANHOLI, M. G. D. P. **Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de açúcar e álcool**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A.C M. de; ANDRADE LANDELL, M. G. DE. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 697-722.

LE DIVICH, J.; REINALDO, D. Effes de l'environnement thermique sur les performance du porc en croissance. *Journées Rech. Porcine en France*, Paris, v.21, p.221-9, 1989.

LEE, T. S. G. Micropropagation of sugarcane (*Saccharum spp.*) **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** Ed.10(1),(1987).p.47-55.

LEE, T. S. G.; BRESSAN, E.A.; CÔRREA DA SILVA, A.D.; LEE, L.L. (2007) Implantação de biofábrica de cana-de-açúcar: riscos e sucessos. 16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais. 3º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas. 1º Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas. Goiânia. 10-15 de setembro de 2007.

LOCATELLI, L. M.; LOVATO, P. E. Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta- enxertos de macieira micropropagados. **Pesq. Agropecuária brasileira**, Brasília, v.37, n.2, (2002) p. 177-184.



SILVA NETO, S. P. O.

MARIN, F.R.; PELLEGRINO, G.Q.; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J. Cana de açúcar. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Ed.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p.111-130.

MARTINS, S.R., GONZALEZ, J.F. Avaliação do resfriamento em estufa plástica mediante sistema de ventilação e nebulização. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.3, p.13-18, 1995.

MCCREE, K. J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, v.9, p.191-216, 1972.

MCKAY, D. J., AND J. D. MC TAGGART-COWAN, 1977: **An intercomparison of radiation shields for auto stations**. Proc. World Meteorological Organization (WMO) Conf., Geneva, Switzerland, WMO, 208–213.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. S.; SEGATO, S. V; MATTIUZ, C. F. M. **História e morfologia da cana-de-açúcar**, In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p.11-18

MURASHIGE, T.; SKOOG F. A. **Revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures**. *Physiologia Plantarum*. (1962) p. 473-497.

NIJSKENS, J.; DELTOUR, J.; COUTISSE, S.; NISEN, A. Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 35, p. 229-242, 1985

NOBLE, J.; LE DIVICH. Effect of environmental temperature and feeding level on energy balance traits of early-weaned piglets. **Livest Production Sciences**, Amsterdam, v.9, 619-32, 1982.

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y. E.; SHAHAK, Y. Coloured Shade Nets can

SILVA NETO, S. P. O.

improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science Biotech**, [S.l.], n. 76, p. 353-361, 2001.

PEREIRA, J. E. S., FORTES, G. L. R. Protocolo para produção de material propagativo de batata em meio líquido. **Pesq. Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n.9, (2003) p. 1035-1043.

PEZZOPANE, J.E.M. **O uso de estufa com cobertura plástica e de quebra ventos na produção de porta-enxertos de seringueira, na região de Campinas, SP**. Piracicaba, 1994. 87p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PIMENTA, S. C.; SPADOTTO, A. J. **A experiência em uma unidade produtora de cana orgânica**. SACCHARUM: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, Piracicaba, p. 30, 1999. Publicação de periodicidade irregular.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

PIRES, R. C. M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Vegetative growth and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments. **Scientia Agrícola**, v.63, n.5, p.417-425, 2006.

PURQUERIO, L. F. V.; GOTO, R. Dose de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e espaçamento entre plantas sobre a cultura da rúcula, em campo e ambiente protegido. In: Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, 5, e Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas, 4, 2005, Porto. **Anais** . Porto: Actas Portuguesas de Horticultura, 2005. p.336-341.

REIS, N. V. B. Diferencial entre os parâmetros de temperatura interna e externa de uma estufa modelo teto-em-arco: efeito guarda-chuva. In CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10. , Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p.465-467.

SILVA NETO, S. P. O.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Barros & Marques Editoração Eletrônica, 2006. 216 p.

ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; DONALDSON, R.A.; INMAN-BAMBER, N.G.; WOOD, A.W. Estimating the risk associated with drying-off strategies for irrigated sugarcane before harvest. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.65-77, 1999.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: Seemann, J. et. al. **Agrometeorology**. Ney York, Springer-Verlag, p.165-178, 1979.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**, In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 19-36.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GANELEVIN, R. **Growing Aralia and Monstera under colored shade nets**. Olam Poreah July Issure, v. 13, n.1, p. 60-62, 2002.

SILVA, A. L. C. da; COSTA, W. A. J. M. de. Varietal variation in growth, physiology and yield of sugarcane under two contrasting water regimes. **Tropical Agricultural Research**, v.16, p.1-12, 2004.

SILVA, A. M.; MIGUEL, A. Thermal radiation inside a single span greenhouse with a thermal screen. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Edinburgh, v. 49, n. 4, p. 289-298, 1991.

SILVA, K. O. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para aquisição de dados de umidade e temperatura do ar**. 2000. 70 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SILVA NETO, S. P. O.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.626-631, 2008.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana de açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TANAKA, M.; GENTA, H. **Control del medio ambiente bajo invernadero y tunel plástico**. Salto: Uruguay: Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61p.

TEODORO, E.; SOUZA, J. L.; BARBOSA, G. V.; MOURA FILHO, G.; DANTAS NETO, J.; ABREU, M. L. **Crescimento e Produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos tabuleiros costeiros de Alagoas**. STAB, Março/Abreu, v. 27, n. 4, 2009

TORRES, A.C.; CALDAS, L. S.; BUFO, J. A. **Cultura de tecidos e transformações genéticas de plantas**. Brasília, Embrapa. v.1(1998) p. 183-185.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; GONÇALVES, C.; MAGGIO, M. A.; GIUSTO, A. B.; VAILATI, M. L. **Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido**. Bragantia, v.65, n.3, p.441-445, 2006.

UNICA – União da indústria de cana-de-açúcar, 2010. Dimensão da cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo. Disponível em <http://www.unica.com.br/FAQ/>. Acesso em 7/01/2012.

VÁSQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. DA S.; SILVA, C. R. da. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.1, p.137-143, 2005.

SILVA NETO, S. P. O.

WHITE, G. M.; ROSS, I. R. Humidity. In: HENRY, Z. A.; ZOERB, G. A.; BIRTH, G. S. **Instrumentation and measurement for environmental sciences**. Saint Joseph: ASAE, 1991. p. 8.01-8.13.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.